

David Eagleman



El cerebro
Nuestra historia



ANAGRAMA
Colección Argumentos

Índice

Portada

Introducción

1. ¿Quién soy?

2. ¿Qué es la realidad?

3. ¿Quién está al mando?

4. ¿Cómo decido?

5. ¿Le necesito?

6. ¿Quiénes seremos?

Agradecimientos

Notas

Glosario

Créditos

INTRODUCCIÓN

Debido al rápido avance de la ciencia del cerebro, rara vez se da un paso atrás para ver las cosas en perspectiva, para evaluar qué significan nuestros estudios en nuestras vidas, para discutir con palabras sencillas qué significa ser una criatura biológica. Éste es el propósito de este libro.

La ciencia del cerebro es importante. La extraña materia computacional que hay dentro de nuestro cráneo es la maquinaria perceptiva mediante la que nos movemos por el mundo, la materia de la que surgen las decisiones, el material a partir del cual se forja la imaginación. Nuestros sueños y nuestra vida brotan de sus miles de millones de dinámicas células. Comprender mejor el cerebro supone arrojar luz sobre aquello que consideramos real en nuestras relaciones personales y sobre lo que consideramos necesario en nuestra política social: cómo luchamos, cómo amamos, qué aceptamos como cierto, cómo deberíamos educar, cómo podemos elaborar una mejor política social, y como diseñar nuestros cuerpos para los siglos venideros. En los circuitos microscópicamente pequeños del cerebro se graba la historia y el futuro de nuestra especie.

Dado el papel central que ocupa el cerebro en nuestras vidas, en una época me preguntaba por qué nuestra sociedad habla tan poco de él y prefiere llenar las pantallas de televisión de chismorreos famosos y *reality shows*. Pero ahora considero que esta falta de atención al cerebro no hay que considerarla una deficiencia, sino una señal: estamos tan atrapados dentro de nuestra realidad que nos cuesta muchísimo comprender que estamos atrapados dentro de lo que sea. A primera vista, parece que quizá no hay nada de que hablar. Naturalmente que los colores existen en el mundo exterior. Naturalmente que la memoria es como una cámara de vídeo. Naturalmente que conozco las verdaderas razones que explican mis creencias.

Las páginas de este libro harán que nos planteemos todos nuestros supuestos. Al escribirlo, he pretendido huir del modelo del libro de texto a fin de arrojar luz sobre un nivel de investigación más profundo: cómo decidimos, cómo percibimos la realidad, quiénes somos, qué gobierna

nuestras vidas, por qué necesitamos a los demás y hacia dónde nos dirigimos como especie ahora que comenzamos a hacernos con las riendas de nuestro destino. Este trabajo pretende salvar el abismo existente entre la literatura académica y las vidas que llevamos en cuanto poseedores de un cerebro. Este enfoque diverge de los artículos que escribo para las publicaciones académicas, e incluso de mis otros libros sobre neurociencia. Este libro se dirige a un tipo distinto de público. No presupone ningún conocimiento especializado, sólo curiosidad y ganas de explorarse a uno mismo.

Así que abróchense los cinturones para una visita relámpago a nuestro cosmos interior. En la maraña infinitamente densa de miles de millones de células cerebrales y sus miles de billones de conexiones, espero que sean capaces de vislumbrar y descubrir algo que a lo mejor no esperaban ver. A ustedes.

1. ¿Quién soy?

Todas las experiencias de su vida –desde una conversación a su más vasta cultura– conforman los detalles microscópicos de su cerebro. Desde el punto de vista neurológico, quién es usted depende de dónde ha estado. Su cerebro se metamorfosea de manera incesante, constantemente reescribe su propio circuito, y como sus experiencias son únicas, también lo son los vastos y detallados patrones de sus redes neuronales. Como no dejan de cambiar durante toda su vida, su identidad siempre está en movimiento; nunca alcanza un punto definitivo.

Aunque la neurociencia es mi rutina diaria, cada vez que tengo en mis manos un cerebro humano lo contemplo con un respeto reverencial. Si nos atenemos a su peso sustancial (un cerebro adulto pesa poco menos de kilo y medio), su extraña consistencia (como una firme gelatina) y su aspecto arrugado (unos profundos valles que surcan un paisaje hinchado), lo sorprendente es la pura cualidad física del cerebro: ese pedazo de material de lo más anodino parece tener poco que ver con los procesos mentales que crea.

Nuestros pensamientos y nuestros sueños, nuestros recuerdos y experiencias, surgen todos de ese extraño material neuronal. Quiénes somos se encuentra en el interior de sus intrincados patrones de pulsos electroquímicos. Cuando esa actividad cesa, lo mismo le pasa a usted. Cuando esa actividad cambia de carácter, debido a una lesión o a las drogas, usted cambia de manera paralela. Contrariamente a cualquier otra parte de su cuerpo, si daña un pequeño fragmento del cerebro, su ser cambia de manera radical. Para comprender cómo es eso posible, comencemos por el principio.

NACEMOS INACABADOS

Cuando nacemos, los humanos estamos desvalidos. Pasa un año antes de que seamos capaces de andar, dos más antes de que consigamos articular un pensamiento completo, y muchos más antes de que podamos valernos por nosotros mismos. Dependemos totalmente de los que nos rodean para sobrevivir. Comparémonos con otros mamíferos. Los delfines, por ejemplo, nacen nadando; las jirafas aprenden a permanecer de pie a las pocas horas; una cría de cebra es capaz de correr a los cuarenta y cinco minutos de haber nacido. A lo largo y ancho del reino animal, nuestros primos son extraordinariamente independientes poco después de haber nacido.

A primera vista, eso puede parecer una gran ventaja para las demás especies, pero de hecho supone una limitación. Las crías de los animales se

desarrollan rápidamente porque su cerebro establece sus conexiones siguiendo una rutina en gran medida programada. Pero esa preparación se da a costa de la flexibilidad. Imaginemos que algún desdichado rinoceronte se encuentra en la tundra del Ártico, o en la cumbre de alguna montaña del Himalaya, o en mitad de una ciudad como Tokio. Carecerá de la capacidad de adaptarse (que es el motivo por el que no encontramos rinocerontes en esas zonas). Esa estrategia de llegar a la vida con un cerebro preorganizado funciona dentro de un nicho particular del ecosistema, pero si sacamos al animal de ese nicho, sus probabilidades de sobrevivir son escasas.

Por el contrario, los seres humanos son capaces de prosperar en muchos entornos distintos, desde la tundra helada a las altas montañas, pasando por los bulliciosos centros urbanos, cosa que ocurre porque el cerebro humano nace en gran medida inacabado. En lugar de llegar al mundo con todas sus conexiones prefijadas –llamémoslo «integrado»–, el cerebro humano permite que sean los detalles de la experiencia vital los que le den forma, lo cual conduce a prolongados periodos de desvalimiento mientras el joven cerebro se adapta lentamente a su entorno. Está «en desarrollo».

LA PODA DE LA INFANCIA: REVELAR LA ESTATUA EN EL MÁRMOL

¿Cuál es el secreto que hay detrás de la flexibilidad de un cerebro joven? No se trata de que crezcan células nuevas: de hecho, el número de células siempre es el mismo en niños y adultos. En cambio, el secreto reside en cómo están conectadas las células.

Al nacer, las neuronas de un bebé son dispares y están desconectadas, y en los primeros dos años de vida comienzan a conectarse con extrema rapidez a medida que asimilan información sensorial. En el cerebro de un recién nacido, cada segundo se forman hasta dos millones de nuevas conexiones, o sinapsis. A los dos años, un niño cuenta con cien billones de sinapsis, el doble que un adulto.

CEREBRO EN DESARROLLO

Muchos animales nacen genéticamente programados para ciertos instintos y

comportamientos: están «integrados». Los genes guían la construcción de sus cuerpos y su cerebro de maneras específicas que definen lo que serán y cómo se comportarán. El reflejo que tiene una mosca para huir en presencia de una sombra que pasa; el programado instinto del petirrojo para volar hacia el sur en invierno; el deseo de hibernar de los osos; el impulso del perro a proteger a su amo: son ejemplos de instintos y comportamientos integrados. Dicha cualidad permite que estas criaturas actúen igual que sus padres desde el nacimiento, y en algunos casos que se procuren el sustento por sí mismos y sobrevivan de manera independiente.

En los seres humanos la situación es un tanto distinta. El cerebro humano llega al mundo programado genéticamente para algunas cosas (por ejemplo, para respirar, llorar, mamar, interesarse por las caras y poseer la capacidad de aprender detalles de su lengua materna). Pero, en comparación con el resto del reino animal, el cerebro humano, al nacer, está enormemente incompleto. El detallado diagrama de conexiones del cerebro humano no está programado; por el contrario, los genes ofrecen instrucciones muy generales para la planificación de las redes neuronales, y nuestra experiencia del mundo acaba de ajustar el resto de las conexiones, permitiendo que se adapten a los detalles locales.

La capacidad del cerebro humano de modelarse a sí mismo para adaptarse al mundo en el que nace ha permitido que nuestra especie conquiste todos los ecosistemas del planeta y comience a moverse dentro del sistema solar.

Entonces ha alcanzado un pico y posee más conexiones de las que necesita. En ese momento, la aparición de nuevas conexiones se ve sustituida por una estrategia de «poda» neuronal. A medida que maduramos, en 50 % de las sinapsis se eliminan.

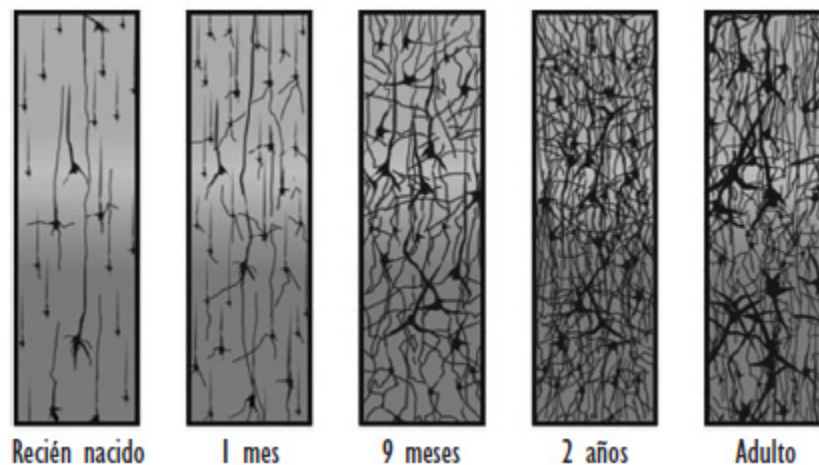
¿Qué sinapsis se conservan y cuáles desaparecen? Cuando una sinapsis participa fructíferamente en un circuito, se refuerza; por el contrario, si no es útil se debilita, y con el tiempo acaba eliminándose. Al igual que los senderos de un bosque, se pierden las conexiones que no se utilizan.

En cierto sentido, el proceso de convertirnos en quienes somos se define por la supresión de las posibilidades existentes. Usted se convierte en lo que es no gracias a lo que se desarrolla en su cerebro, sino a lo que se elimina.

A lo largo de nuestra infancia, el entorno en que vivimos refina nuestro cerebro, y de entre la maraña de posibilidades lo modela para que responda

el entorno al que está expuesto. Nuestro cerebro forma menos conexiones, pero más fuertes.

Por poner un ejemplo, el idioma que usted escucha en la infancia (pongamos el inglés en comparación con el japonés) perfecciona su capacidad para oír los sonidos particulares de su idioma, y empeora su capacidad para oír los sonidos de otros lenguajes. Es decir, un bebé nacido en Japón y un bebé nacido en Estados Unidos son capaces de oír y reaccionar a todos los sonidos en ambos idiomas. Con el tiempo, el bebé criado en Japón perderá la capacidad de distinguir, pongamos, los sonidos de la *erre* y la *ele*, dos sonidos que en japonés no están separados. Como vemos, el mundo que nos acoge acaba conformándonos.



En el cerebro de un recién nacido, las neuronas están relativamente poco conectadas entre sí. A lo largo de los primeros dos o tres años, las ramificaciones crecen y las células están cada vez más conectadas.

Después de ese periodo, comienza la poda de conexiones, y en la edad adulta son menos, pero más fuertes.

© Corel, J. L.

EL JUEGO DE LA NATURALEZA

A lo largo de nuestra prolongada infancia, el cerebro reduce sus conexiones, adaptándose a los detalles de su entorno. Se trata de una estrategia inteligente para que el cerebro se amolde a su entorno, pero también entraña algunos riesgos.

Si a los cerebros en desarrollo no se les procura el entorno adecuado y

«esperado» —aquel en el que el niño es criado y atendido—, al cerebro le costará desarrollarse con normalidad, algo que la familia Jensen de Wisconsin experimentó de primera mano. Carol y Bill Jensen adoptaron a Tom, John y Victoria cuando los niños tenían cuatro años. Los tres eran huérfanos, y hasta su adopción habían vivido en condiciones terribles en orfanatos estatales de Rumanía, lo que había afectado a su desarrollo cerebral.

Cuando los Jensen fueron a buscar a los niños y cogieron un taxi para salir de Rumanía, Carol le pidió el taxista que tradujera lo que los niños estaban diciendo. El taxista le contestó que lo que decían era un galimatías. No era ningún lenguaje conocido; privados de interacción normal, los niños habían desarrollado un extraño dialecto. A medida que crecían, los niños sufrieron problemas de aprendizaje, las cicatrices de su privación infantil.

Tom, John y Victoria no recuerdan gran cosa del tiempo que pasaron en Rumanía. Por el contrario, alguien que recuerda vivamente esas instituciones es el doctor Charles Nelson, profesor de pediatría en el Hospital Infantil de Boston. Visitó por primera vez esas instituciones en 1999. Lo que vio lo dejó horrorizado. Los niños pequeños no salían de sus cunas, y carecían de cualquier estimulación sensorial. Había un solo cuidador para cada quince niños, y estos empleados tenían órdenes de no cogerlos en brazos ni demostrarles ningún tipo de afecto aunque lloraran, pues temían que esas muestras de cariño acabaran provocando que los niños exigieran más, algo imposible con un personal tan limitado. En ese contexto, las cosas estaban lo más reglamentadas posibles. Los niños se alineaban delante de unos orinales de plástico para hacer sus necesidades. Todos llevaban el mismo corte de pelo, niños y niñas. Todos iban vestidos igual y comían a las mismas horas. Todo estaba mecanizado.

Los niños que lloraban sin que nadie les hiciera caso pronto aprendían a no llorar. Nadie cogía en brazos a los niños y nadie jugaba con ellos. Aunque sus necesidades básicas estaban satisfechas (les daban de comer, los lavaban y vestían), las criaturas estaban privadas de toda atención y apoyo emocionales, de todo tipo de estímulo. Como resultado, desarrollaban una «amistad indiscriminada». Nelson explica que entraba en una habitación y de pronto se veía rodeado por niños que nunca había visto y que saltaban a sus brazos y se sentaban en su regazo, le daban la mano o se iban con él. Aunque ese tipo de comportamiento indiscriminado parece

cariñoso a primera vista, es una estrategia de afrontamiento de los niños desatendidos, y es inseparable de los problemas de apego. Es un comportamiento característico de los niños que han crecido en una institución.

Conmovido por las condiciones que presenciaban, Nelson y su equipo fundaron el Programa de Intervención Temprana de Bucarest. Evaluaron a 136 niños de entre seis meses y tres años que habían vivido en instituciones desde su nacimiento. En primer lugar, quedó claro que los niños poseían un cociente intelectual entre sesenta y ochenta, comparado con la media, que suele ser cien. Los niños mostraban signos de subdesarrollo cerebral y les costaba mucho llegar a hablar. Cuando Nelson utilizó la electroencefalografía (EEG) para medir la actividad eléctrica de los cerebros de sus niños, descubrió que su actividad neuronal estaba drásticamente reducida.

LOS ORFANATOS DE RUMANÍA

En 1966, para aumentar la población y la mano de obra, el presidente rumano Nicolae Ceausescu prohibió la anticoncepción y el aborto. Los ginecólogos estatales, conocidos como «policía menstrual», examinaban a las mujeres en edad de procrear para asegurar que producían suficiente descendencia. Se impuso un «impuesto sobre el celibato» a las familias que tenían menos de cinco niños. La tasa de nacimientos se disparó.

Muchas familias pobres no podían permitirse cuidar a sus hijos, con lo que acababan entregándolos a orfanatos estatales. El resultado fue que el Estado tuvo que crear más instituciones para satisfacer la creciente demanda. En 1989, cuando Ceausescu fue derrocado, había 170.000 niños abandonados que residían en orfanatos.

Los científicos pronto revelaron que crecer en un orfanato había tenido consecuencias en el desarrollo cerebral de los niños, y esos estudios influyeron en la política gubernamental. A lo largo de los años, casi todos los huérfanos rumanos han sido devueltos a sus padres o trasladados a hogares de acogida gubernamentales. En 2005, en Rumanía se declaró ilegal llevar a un niño a un orfanato antes de los dos años, a no ser que sufriera una grave minusvalía.

En todo el mundo hay todavía millones de huérfanos que viven en orfanatos gubernamentales. Dada la necesidad de un entorno propicio para el desarrollo

cerebral de un niño pequeño, resulta imperativo que los gobiernos encuentren la manera de conseguir que los niños vivan en condiciones que les permitan un desarrollo cerebral adecuado.

Sin un entorno de atención emocional y estimulación cognitiva, el cerebro humano no se puede desarrollar con normalidad.

De todos modos, resulta alentador que el estudio de Nelson revelara otro aspecto importante: el cerebro a menudo puede recuperarse, en un grado variable, en cuanto el niño es trasladado a un entorno más seguro y afectuoso. Cuanto antes se traslade al niño, mejor es esa recuperación. Los niños que acaban en un hogar de acogida antes de los dos años generalmente se recuperan bien. Después de los dos años, hay alguna mejora, pero según la edad a la que el niño abandona el orfanato los problemas de desarrollo presentan niveles distintos.

Los resultados de Nelson ponen de relieve el papel fundamental de un entorno cariñoso y propicio para el desarrollo del cerebro del niño, lo que ilustra la profunda importancia del entorno a la hora de modelar nuestra personalidad. Somos sumamente sensibles a nuestro entorno. Debido a la estrategia de aprendizaje sobre el terreno del cerebro humano, quiénes somos depende en gran medida de dónde hemos estado.

LA ADOLESCENCIA

Hace sólo un par de décadas se creía que el desarrollo cerebral quedaba casi completo al final de la infancia. Pero ahora sabemos que el proceso de construcción de un cerebro humano se prolonga hasta los veinticinco años. La adolescencia es un periodo de reorganización y cambio neuronal de tal importancia que afecta de manera drástica nuestro aspecto. Las hormonas que corren desbocadas por nuestros cuerpos provocan evidentes cambios físicos a medida que adquirimos el aspecto de un adulto, pero, sin que lo veamos, nuestro cerebro sufre cambios igualmente monumentales. Estos cambios influyen profundamente en nuestra manera de comportarnos y reaccionar ante el mundo que nos rodea.

Uno de esos cambios tiene que ver con el nacimiento de la percepción del

yo, acompañado de la conciencia de la propia identidad.

Para hacernos una idea de cómo funciona el cerebro de un adolescente, llevamos a cabo un experimento sencillo. Con la ayuda de mi estudiante de posgrado Ricky Savjani, pedimos a algunos voluntarios que se sentaran en un taburete y se exhibieran en el escaparate de una tienda. A continuación apartamos la cortina para que todo el mundo pudiera ver a esos voluntarios, ante los cuales los transeúntes se quedaban boquiabiertos.

Antes de someterlos a esa situación socialmente incómoda, instalamos un dispositivo en cada voluntario para poder medir su respuesta emocional. Les conectamos un dispositivo para medir la respuesta cutánea galvánica (RCG), un indicador útil de la ansiedad: cuanto más se abren las glándulas sudoríparas, mayor es la conductancia de la piel. (Esta tecnología es, por cierto, la misma que se utiliza en un detector de mentiras, o prueba del polígrafo.)

CÓMO SE ESCULPE EL CEREBRO ADOLESCENTE

Después de la infancia, justo antes de la aparición de la pubertad, existe un segundo periodo de sobreproducción: la corteza prefrontal crea nuevas células y nuevas conexiones (sinapsis), formando así nuevos caminos para el modelado. Este exceso viene seguido por aproximadamente una década de poda: a lo largo de nuestra adolescencia, las conexiones más débiles se eliminan y las más potentes se refuerzan. Como resultado de esta disminución, el volumen de la corteza prefrontal se reduce más o menos un 1% anual durante los años de adolescencia. La configuración de circuitos durante los años de la pubertad nos prepara para las lecciones que aprendemos mientras nos convertimos en adultos.

Como esos enormes cambios tienen lugar en zonas cerebrales necesarias para el razonamiento superior y el control de los impulsos, la adolescencia es una época de considerables cambios cognitivos. La corteza prefrontal dorsolateral, importante para controlar los impulsos, es una de las regiones que más tardan en madurar, y no alcanza su estado adulto hasta los veintipico. Mucho antes de que los neurocientíficos la estudiaran en detalle, las empresas de seguros de coches observaron las consecuencias de una maduración cerebral incompleta, y por eso cobran más a los conductores adolescentes. De

la misma manera, el sistema penal de justicia hace mucho que posee esta intuición, por lo que a los menores no se les trata igual que a los adultos.

En este experimento participaron tanto adultos como adolescentes. En los adultos observamos una respuesta al estrés a ser observados por desconocidos exactamente como se esperaba. Pero en los adolescentes la misma experiencia provocaba que las emociones sociales se desmandaran: los adolescentes tenían una ansiedad mucho mayor, hasta el punto de ponerse a temblar, cuando los observaban.

¿Por qué existe esa diferencia entre adultos y adolescentes? La respuesta tiene que ver con un área del cerebro llamada corteza prefrontal medial (CPFm), una región que se activa cuando se piensa en uno mismo, sobre todo en la importancia emocional que posee la situación para el propio yo. La doctora Leah Somerville y sus colegas de la Universidad de Harvard descubrieron que a medida que uno pasa de la infancia a la adolescencia, la CPFm se activa más en situaciones sociales, alcanzando un pico a los quince años. En ese momento, las situaciones sociales conllevan una gran carga emocional, y tienen como resultado una respuesta al estrés del yo de alta intensidad. Es decir, que en la adolescencia pensar en uno mismo –la así llamada «autoevaluación»– es algo prioritario. Por el contrario, el cerebro adulto se ha acostumbrado a su propio yo –igual que se acostumbra a unos zapatos nuevos–, y la consecuencia es que a un adulto no le importa demasiado sentarse en un escaparate.

Aparte de la incomodidad social y la hipersensibilidad emocional, el cerebro adolescente está preparado para correr riesgos. Ya sea conducir deprisa o mandarse fotos desnudos, los comportamientos de riesgo son más tentadores para el cerebro adolescente que para el cerebro adulto. Esto tiene mucho que ver con la manera en que reaccionamos a las recompensas y los incentivos. A medida que pasamos de la infancia a la adolescencia, el cerebro muestra una respuesta creciente a las recompensas en áreas relacionadas con la búsqueda del placer (una de esas áreas se denomina núcleo accumbens). En los adolescentes, la actividad en esa zona es tan alta como en los adultos. Pero aparece un factor importante: la actividad en la corteza orbitofrontal –que participa en la toma de decisiones ejecutivas, la atención y la simulación de consecuencias futuras– todavía es la misma en

los adolescentes que en los niños. Un sistema de búsqueda del placer maduro aparejado a una corteza orbitofrontal inmadura significa que los adolescentes no son sólo emocionalmente hipersensibles, sino también menos capaces de controlar sus emociones que los adultos.

Además, Somerville y su equipo han elaborado una teoría de por qué la presión de sus iguales influye tan poderosamente en el comportamiento adolescente: las áreas que participan en las consideraciones sociales (como la CPFm) están más fuertemente conectadas a otras regiones cerebrales que transforman los motivos en actos (el cuerpo estriado y su red de conexiones). Esto, afirman, podría explicar por qué los adolescentes son más proclives a asumir riesgos cuando tienen cerca a sus amigos.

Nuestra visión del mundo en la adolescencia es el resultado de un cambio cerebral que ocurre en el momento adecuado. Esos cambios nos llevan a ser más conscientes de nosotros mismos, más arriesgados y más propensos a un comportamiento motivado por la opinión de nuestros iguales. He aquí un mensaje importante para los padres frustrados de todo el mundo: quiénes somos de adolescentes no es tan sólo el resultado de una elección o una actitud, es el producto de un periodo de intenso e inevitable cambio neuronal.

PLASTICIDAD EN LOS ADULTOS

Cuando alcanzamos los veinticinco años de edad, terminan por fin las transformaciones cerebrales de la infancia y la adolescencia. Los desplazamientos tectónicos en nuestra identidad y personalidad han finalizado, y nuestro cerebro parece estar ahora completamente desarrollado. Se podría pensar que nuestra personalidad adulta es algo fijo e inamovible. Pero no: de adultos, nuestro cerebro continúa cambiando. Llamamos plástico a todo aquello que puede modelarse y mantener la forma. Y el cerebro lo es, incluso en los adultos: la experiencia lo cambia, y ese cambio se mantiene.

Para hacernos una idea de lo impresionantes que pueden ser esos cambios físicos, consideremos los cerebros de un grupo particular de hombres y mujeres que trabajan en Londres: los taxistas. Se someten a cuatro años de intenso adiestramiento para aprobar el Knowledge of London, una de las

proezas memorísticas más difíciles de la sociedad. Este Knowledge requiere que los aspirantes a taxistas memoricen extensos trayectos londinenses, con todas las combinaciones y permutaciones posibles. Se trata de una tarea enormemente difícil. El Knowledge cubre 320 rutas distintas a través de la ciudad, 25.000 calles y 20.000 puntos de referencia y de interés: hoteles, teatros, restaurantes, embajadas, comisarías, instalaciones deportivas, y cualquier lugar al que pueda querer ir un pasajero. Los estudiantes del Knowledge suelen pasar entre tres y cuatro horas al día recitando recorridos teóricos.

Los singulares retos mentales del Knowledge despertaron el interés de un grupo de neurocientíficos del University College de Londres, que examinaron el cerebro de diversos taxistas. A los científicos les interesaba sobre todo una pequeña zona del cerebro llamada hipocampo, vital para la memoria, y sobre todo para la memoria espacial.

Los científicos descubrieron diferencias visibles en los cerebros de los taxistas: en ellos, la parte posterior del hipocampo había alcanzado un tamaño mayor que el de quienes formaban el grupo de control, presumiblemente a causa del incremento de su memoria espacial. Los investigadores también descubrieron que cuanto más tiempo llevaba un taxista haciendo su trabajo, mayor era el cambio en esa región cerebral, lo que sugería que el resultado no reflejaba simplemente una condición preexistente de las personas que accedían a esa profesión, sino que era consecuencia de la práctica.

El estudio de los taxistas demuestra que el cerebro adulto no es algo fijo, sino que se puede reconfigurar hasta tal punto que el ojo experto es capaz de distinguir ese cambio.

Y los taxistas no son los únicos cuyo cerebro es capaz de remodelarse.

Cuando se examinó uno de los cerebros más famosos del siglo XX, el de Albert Einstein, éste no reveló el secreto de su genio, pero mostró que la zona cerebral dedicada a los dedos de la mano izquierda se había ampliado, formando un pliegue gigante en la corteza llamado signo omega –pues tiene la forma del símbolo griego Ω –, todo gracias a su pasión por tocar el violín, no tan comúnmente conocida. Este pliegue se agranda en los violinistas experimentados, que desarrollan una intensa destreza con los dedos de la mano izquierda. Los pianistas,

en cambio, desarrollan un signo omega en ambos hemisferios, pues utilizan ambas manos con movimientos sutiles y minuciosos.

La apariencia de colinas y valles que tiene el cerebro es en gran medida la misma en todas las personas, pero los detalles más sutiles proporcionan un reflejo personal y único de dónde ha estado y quién es un individuo. Aunque casi todos los cambios son demasiado pequeños para poder detectarse a simple vista, todo lo que ha experimentado ha transformado la estructura física de su cerebro, desde la expresión de los genes a la posición de las moléculas, pasando por la arquitectura de las neuronas. La familia de origen, la cultura, los amigos, todas las películas que ha visto, todas las conversaciones que ha mantenido: todo eso ha dejado su huella en su sistema nervioso. Estas impresiones indelebles y microscópicas se acumulan para convertirle en quien es y para poner límites a lo que puede llegar a ser.

CAMBIOS PATOLÓGICOS

Los cambios en nuestro cerebro representan lo que hemos hecho y quiénes somos. Pero ¿qué ocurre si el cerebro cambia a causa de una enfermedad o una lesión? ¿Eso altera quiénes somos, nuestras personalidades, nuestros actos?

El 1 de agosto de 1966, Charles Whitman, de veinticinco años, cogió el ascensor hasta el mirador de la Torre de la Universidad de Texas, en Austin. A continuación comenzó a disparar indiscriminadamente a la gente que había abajo. Murieron trece personas y treinta y tres resultaron heridas, hasta que el propio Whitman fue abatido por la policía. Cuando llegaron a su casa descubrieron que la noche antes había matado a su mujer y a su madre.

Lo único que resultó más sorprendente que este acto de violencia espontánea fue que, en apariencia, no había nada en Charles Whitman que permitiera predecirlo. Era jefe de un grupo de boy scouts, trabajaba de cajero en un banco y estudiaba ingeniería.

Poco después de matar a su mujer y a su madre, se sentó y mecanografió lo que podríamos considerar una nota de suicidio:

La verdad es que estos días no acabo de entenderme. Supuestamente soy un joven inteligente y razonable. Sin embargo, últimamente (no recuerdo cómo empezó) he sido víctima de muchos pensamientos inusuales e irracionales [...]. Después de mi muerte, deseo que me practiquen la autopsia para ver si sufro algún trastorno físico visible.

A Whitman se le concedió su petición, y tras la autopsia el patólogo informó de que Whitman tenía un pequeño tumor cerebral. Era más o menos del tamaño de una moneda de cinco centavos, y presionaba una parte de su cerebro llamada amígdala, que tiene que ver con el miedo y la agresión. Esa pequeña presión en la amígdala condujo a una cascada de consecuencias en el cerebro de Whitman, y el resultado fue que cometió diversos actos que, por lo demás, no casaban en nada con su carácter. Su materia cerebral había cambiado y le había hecho cambiar a él.

Se trata de un ejemplo extremo, pero cambios menos drásticos en el cerebro de un individuo pueden alterar el tejido de su personalidad. Consideremos la ingestión de drogas o de alcohol. Hay tipos especiales de epilepsia que hacen que la gente sea más religiosa. La enfermedad de Parkinson a menudo provoca que la gente pierda la fe, mientras que la medicación contra el párkinson a menudo convierte a los pacientes en jugadores compulsivos. No es sólo la enfermedad y las sustancias químicas lo que nos cambia: desde las películas que vemos hasta el trabajo que realizamos, todo contribuye a una continua remodelación de las redes neuronales que resumen nuestro yo. Así pues, ¿quién es usted exactamente? ¿Hay alguien en lo más profundo, en lo más recóndito?

¿SOY LA SUMA DE MIS RECUERDOS?

Nuestro cuerpo y nuestro cerebro cambian tanto durante nuestra vida que —igual que la manecilla que marca las horas en un reloj— se hace difícil detectar esas transformaciones. Sin ir más lejos, cada cuatro meses los glóbulos rojos de la sangre se reemplazan por completo, y las células de la piel se reemplazan cada pocas semanas. Al cabo de más o menos siete años, cada átomo del cuerpo se verá sustituido por otro. En lo tocante a lo físico, constantemente somos una nueva persona. Por fortuna, hay una constante que une todas esas diferentes versiones de la personalidad: la memoria. Quizá la memoria pueda servir de hilo para hacer que uno sea quien es. Se

halla en el núcleo de la identidad, y presenta una percepción del yo única y constante.

Pero esto podría plantearnos un problema. ¿Es posible que esa continuidad sea una ilusión? Imagine que entra en un parque y se encuentra con su yo en diferentes edades de su vida. Ahí está usted a los seis años; de adolescente; al llegar a los treinta; a los cincuenta y cinco; al rondar los setenta; y así hasta sus últimos años. En ese escenario, todas esas versiones de la persona que ha sido se podrían sentar una al lado de otra y compartir las mismas historias acerca de su vida, entresacando el hilo único de su identidad.

¿Realmente sería único? Todas esas versiones poseen el mismo nombre y la misma historia, pero el hecho es que se trata de personas un tanto distintas que poseen valores y metas distintas. Y los recuerdos de su vida podrían tener menos en común de lo esperado. El recuerdo de quién fue usted a los quince es diferente de la persona que fue realmente a esa edad; además, tendrán diferentes recuerdos relacionados con los mismos sucesos. ¿Por qué? A causa de lo que es, y no es, la memoria.

La memoria no es tanto una precisa grabación en vídeo de un momento de su vida, sino un frágil estado cerebral de un momento pasado que hay que resucitar para que usted lo recuerde.

He aquí un ejemplo: se encuentra en un restaurante celebrando el cumpleaños de un amigo. Todo lo que experimenta activa patrones concretos de actividad en su cerebro. Por ejemplo, hay un patrón concreto de actividad que cobra vida gracias a la conversación entre sus amigos. Otro patrón vendría activado por el olor del café, y otro por el sabor de un delicioso pastelito francés. El hecho de que el camarero meta el pulgar en su taza es otro detalle memorable, representado por una configuración diferente de disparo neuronal. Todas estas constelaciones se unen entre sí en una vasta red asociativa de neuronas que el hipocampo reproduce una y otra vez hasta que las asociaciones quedan fijadas. Las neuronas que están activas al mismo tiempo establecerán las conexiones más fuertes entre ellas: las células que se conectan forman un circuito. La red resultante es la rúbrica singular del suceso, y representa su recuerdo de esa cena.

Imaginemos ahora que seis meses después prueba uno de esos pastelitos franceses, exactamente igual al que comió en la fiesta de cumpleaños. Esa tecla específica puede desencadenar toda una red de asociaciones. La

constelación original se ilumina, como una ciudad cuando se encienden las luces. Y de repente vuelve ese recuerdo.

Aunque no siempre nos damos cuenta, la memoria no es tan rica como pensamos. Sabe que sus amigos estaban allí. El homenajeado debía de llevar traje, porque siempre lleva traje. Y ella llevaba una blusa azul. ¿O era morada? A lo mejor incluso era verde. Si realmente hurga en su memoria, comprenderá que es incapaz de recordar los detalles de los demás comensales del restaurante, aun cuando el local estuviera lleno.

Así que el recuerdo de esa comida de cumpleaños ha comenzado a desvanecerse. ¿Por qué? Para empezar, porque posee un número finito de neuronas, y todas participan en multitareas. Cada neurona interviene en diferentes constelaciones en momentos distintos. Sus neuronas operan dentro de una matriz dinámica de relaciones cambiantes, sobre las que constantemente recae la insistente exigencia de que se conecten con otras. De modo que su recuerdo de la cena de cumpleaños se ha enturbiado, pues las neuronas «del cumpleaños» se han visto reclamadas para participar en otras redes de la memoria. El enemigo de un recuerdo no es el tiempo, son los otros recuerdos. Cada nuevo suceso precisa establecer nuevas relaciones entre un número finito de neuronas. La sorpresa es que, aunque un recuerdo se haya desdibujado, a usted no se lo parece. Tiene la impresión de que ahí está la imagen completa, o eso supone al menos.

Y su recuerdo del suceso es incluso más discutible. Supongamos que en los años transcurridos desde la cena esa pareja amiga suya se ha separado. Al evocar la cena, a lo mejor recuerda erróneamente haber visto señales de aviso de que podía ocurrir. ¿Estaba él más callado de lo habitual? ¿De repente se producían momentos de silencio incómodo entre los dos? Bueno, será difícil saberlo con seguridad, porque la percepción que hay ahora en su red cambia el recuerdo que corresponde a ese momento. No puede evitarlo, pero su presente influye en su pasado. De manera que el mismo suceso se puede percibir de manera distinta en diferentes épocas de su vida.

LA FALIBILIDAD DE LA MEMORIA

Los datos que apuntan a la maleabilidad de nuestra memoria proceden del trabajo pionero de la profesora Elizabeth Loftus, de la Universidad de

California, Irvine, que transformó el campo de la investigación de la memoria mostrando lo susceptibles que son los recuerdos.

Loftus ideó un experimento en el que invitó a algunos voluntarios a presenciar filmaciones de accidentes de coche, formulándoles posteriormente una serie de preguntas para poner a prueba lo que recordaban. Las preguntas formuladas influían en las respuestas que le daban. Según explica: «Al preguntarles lo deprisa que iban los coches cuando chocaban en comparación con lo deprisa que iban cuando se estrellaban, los testigos contestaron con distintas valoraciones de la velocidad. Consideraron que los coches iban a más velocidad cuando yo utilizaba la palabra estrellarse.» Intrigada por la manera en que las preguntas conseguían contaminar el recuerdo, decidió ir más allá.

¿Sería posible implantar recuerdos completamente falsos? Para averiguarlo, reunió a un grupo de participantes y le pidió a su equipo que se pusiera en contacto con las familias de éstos para obtener información acerca de sucesos del pasado. Provistos de esta información, los investigadores compusieron cuatro historias acerca de la infancia de cada participante. Tres eran ciertas. La cuarta historia contenía información verosímil, pero era completamente inventada, y relataba que, de niño, el participante en el estudio se había perdido en un centro comercial y lo había encontrado una amable persona mayor, y que al final se había reunido con uno de sus progenitores.

En una serie de entrevistas, a los participantes les relataron las cuatro historias. Al menos una cuarta parte afirmó ser capaz de recordar que, en efecto, se había perdido en el centro comercial, aun cuando no hubiera ocurrido. Y la cosa no acaba aquí. Loftus explica: «Puede que empiecen a recordar algo de la historia, y cuando regresan una semana más tarde, todavía recuerdan más cosas. Tal vez incluso mencionarán a la persona mayor que los rescató.» Con el tiempo, se iban añadiendo detalles a ese falso recuerdo: «Aquella señora llevaba un sombrero absurdo»; «Llevaba conmigo mi juguete favorito»; «Mamá se enfadó mucho».

De manera que no sólo es posible implantar recuerdos falsos en el cerebro, sino que la gente los acepta y los adorna, añadiendo de manera inconsciente esa fantasía al tejido de su identidad.

Todos somos susceptibles de esta manipulación de nuestros recuerdos, incluso la propia Loftus. De hecho, cuando Elizabeth era una niña, su madre

se ahogó en una piscina. Años más tarde, una conversación con un pariente sacó a la luz un hecho extraordinario: que había sido Elizabeth quien había encontrado el cadáver de su madre en la piscina. La noticia la dejó conmovida; no lo sabía, y de hecho no se lo creía. Pero, tal como nos cuenta: «Después de aquel cumpleaños me fui a casa y me puse a pensar: a lo mejor es cierto. Me puse a pensar en otras cosas que recordaba, como cuando llegaron los bomberos y me dieron oxígeno. ¿Quizá necesité oxígeno porque estaba muy alterada después de haber encontrado el cadáver?» No tardó en visualizar a su madre en la piscina.

MEMORIA DEL FUTURO

Henry Molaison sufrió su primer ataque epiléptico importante el día que cumplió quince años. A partir de ahí, los ataques se hicieron más frecuentes. Con la perspectiva de un futuro de violentas convulsiones, Henry se sometió a una operación experimental en la que le extrajeron la parte central del lóbulo temporal (incluido el hipocampo) de ambos lados del cerebro. Henry se curó de los ataques, pero se vio afectado por un terrible efecto secundario: no pudo formar nuevos recuerdos durante el resto de su vida. Pero la historia no acabó ahí. Aparte de su incapacidad para fijar nuevos recuerdos, tampoco era capaz de imaginar el futuro. Imagínese lo que sería ir a la playa al día siguiente. ¿Qué le vendría a la cabeza? ¿Surfistas y castillos de arena? ¿Olas que rompen estrepitosamente? ¿Rayos del sol asomando entre las nubes? Si le hubiera preguntado a

Henry qué imaginaba, la típica respuesta podría haber sido: «Lo único que me viene a la cabeza es el color azul.» Su desgracia revela algo acerca de los mecanismos cerebrales subyacentes a la memoria: su propósito no es simplemente registrar lo que ha ocurrido antes, sino permitir que eso se proyecte hacia el futuro. Al imaginar la experiencia de ir a la playa al día siguiente, el hipocampo, en concreto, desempeña un papel fundamental a la hora de imaginar un futuro recombinaando la información de nuestro pasado.

Pero luego el mismo pariente la llamó para decirle que había cometido un error. No había sido la pequeña Elizabeth quien había encontrado el cadáver, sino su tía. Y así fue como Loftus tuvo la oportunidad de

experimentar lo que era crear un recuerdo falso, profusamente detallado y hondamente sentido.

Nuestro pasado no es un registro fiel. Es más bien una reconstrucción, y a veces bordea la mitología. Cuando repasamos los recuerdos de nuestra vida, debemos hacerlo con la conciencia de que no todos los detalles son exactos. Algunos proceden de cosas que la gente nos ha contado, y en otros añadimos lo que nos parece que ocurrió. De manera que si a la hora de responder a la pregunta de quiénes somos nos basamos tan sólo en los recuerdos, la identidad se convierte en una narración extraña, en permanente evolución y cambiante.

EL CEREBRO ENVEJECIDO

Hoy en día vivimos más años que en ningún otro momento de la historia humana, lo cual presenta algunos retos al mantenimiento de la salud cerebral. Enfermedades como el alzhéimer y el párkinson atacan nuestro tejido cerebral, y con él, la esencia de quiénes somos.

Pero la buena noticia es la siguiente: de la misma manera que su entorno y comportamiento modelan su cerebro cuando es joven, son igual de importantes en años posteriores.

A lo largo y ancho de los Estados Unidos, más de 1.100 monjas, sacerdotes y hermanos han participado en un proyecto de investigación único –el Estudio de las Órdenes Religiosas– para explorar los efectos del envejecimiento en el cerebro. En concreto, el estudio se propone descubrir los factores de riesgo del alzhéimer, e incluye a sujetos a partir de sesenta y cinco años libres de síntomas y que no muestran ninguna señal apreciable de enfermedad.

Además de formar un grupo estable y fácil de localizar cada año a la hora de someterlos a pruebas regulares, las órdenes religiosas comparten un estilo de vida parecido en aspectos como la nutrición y el nivel de vida, lo cual reduce los así llamados «factores o variables de confusión» que podrían surgir en una población más amplia, como la dieta, la posición socioeconómica o la educación, que podrían interferir con los resultados del estudio.

La recopilación de datos comenzó en 1994. Hasta ese momento, el doctor

David Bennett y su equipo de la Universidad Rush de Chicago habían reunido más de 350 cerebros. Cada uno estaba cuidadosamente conservado, y fue examinado para encontrar indicios microscópicos de enfermedades cerebrales relacionadas con la edad. Y eso es tan sólo la mitad del estudio: la otra mitad consiste en la recopilación de datos exhaustivos de cada participante mientras está con vida. Cada año todos los que participan en el estudio se someten a una serie de pruebas, que van desde evaluaciones psicológicas y cognitivas a tests médicos, físicos y genéticos.

Cuando el equipo comenzó su investigación, esperaba encontrar un vínculo claramente definido entre el declive cognitivo y las tres enfermedades que son las causas más comunes de demencia: alzhéimer, derrame cerebral y párkinson. Pero lo que encontraron fue lo siguiente: el hecho de que el tejido cerebral hubiera sufrido los estragos del alzhéimer no significaba necesariamente que una persona experimentara problemas cognitivos. Había gente que moría con una patología de alzhéimer plenamente desarrollada sin sufrir pérdida cognitiva. ¿Qué estaba ocurriendo?

El equipo repasó su importante base de datos en busca de pistas. Bennett descubrió que los factores psicológicos y experienciales determinaban si había pérdida de cognición. De manera concreta, el ejercicio cognitivo —es decir, las actividades que mantienen el cerebro activo, como los crucigramas, la lectura, conducir, aprender nuevas habilidades y tener responsabilidades— ayuda a proteger el cerebro. Y también la actividad social, las redes e interacciones sociales y la actividad física.

Por el contrario, descubrieron que factores psicológicos negativos como la soledad, la ansiedad, la depresión y la propensión a los problemas psicológicos estaban relacionados con un declive cognitivo más rápido. Los rasgos positivos como la meticulosidad, tener un propósito en la vida y mantenerse ocupado eran protectores.

Los participantes con el tejido nervioso enfermo —pero sin síntomas cognitivos— habían construido lo que se conoce como una «reserva cognitiva». A medida que algunas áreas de tejido cerebral degeneran, otras se ejercitan en abundancia, con lo que compensan o asumen sus funciones. Cuanto más cognitivamente en forma mantenemos nuestros cerebros —lo más habitual es enfrentarlos a tareas nuevas y difíciles, entre ellas la

interacción social—, más circuitos nuevos construyen las redes nerviosas para ir de A a B.

Consideremos el cerebro como una caja de herramientas. Si es una buena caja de herramientas, contendrá todas las que necesita para hacer cualquier trabajo. Si necesita extraer un tornillo, sacará un destornillador; si no tiene un destornillador, utilizará una llave inglesa; y si tampoco tiene llave inglesa, a lo mejor lo intenta con unos alicates. Lo mismo ocurre en un cerebro cognitivamente en forma: aun cuando muchos circuitos degeneren debido a la enfermedad, el cerebro encuentra otras soluciones.

Los cerebros de las monjas demuestran que es posible proteger nuestros cerebros y contribuir a seguir siendo quienes somos el máximo tiempo posible. No podemos detener el proceso de envejecimiento, pero si ponemos en práctica todas las habilidades de nuestra caja de herramientas cognitiva, podemos conseguir frenarlo.

SOY UN SER SENTIENTE

Cuando pienso en quién soy, por encima de todo hay un aspecto que no se puede ignorar: soy un ser sentiente. Experimento mi existencia. Siento que estoy aquí, mirando el mundo a través de estos ojos, percibiendo este espectáculo en technicolor desde primera fila. Llamemos a esta sensación conciencia o entendimiento.

EL PROBLEMA MENTE-CUERPO

La percepción consciente es uno de los enigmas más desconcertantes de la neurociencia moderna. ¿Cuál es la relación entre nuestra experiencia mental y nuestro cerebro físico?

El filósofo René Descartes asumió que existe un alma inmaterial separada del cerebro. Según conjeturaba, la entrada sensorial llega directamente a la glándula pineal, que sirve de puerta al espíritu inmaterial. (Lo más probable es que eligiera la glándula pineal porque está colocada en la línea media del cerebro, mientras que casi todos los demás rasgos cerebrales están doblados, uno en cada hemisferio.)

La idea de un alma inmaterial es fácil de imaginar; sin embargo, es difícil

reconciliarla con las pruebas neurocientíficas. Descartes nunca se paseó por un pabellón de neurología. De haberlo hecho, habría visto que cuando el cerebro cambia, la personalidad de la persona también cambia. Hay lesiones cerebrales que deprimen a la gente. Otras las convierten en maníacos. Otras modifican la religiosidad de una persona, su sentido del humor o su propensión al juego. Otras la convierten en indecisa, delirante o agresiva. De ahí la dificultad de ceñirnos a un marco en el que lo mental se pueda separar de lo físico.

Como veremos, la neurociencia moderna procura identificar la relación de cada actividad neuronal con estados específicos de conciencia. Es probable que comprender plenamente la conciencia exija nuevos descubrimientos y teorías; nuestro campo todavía es muy joven.

Los científicos a menudo discuten sobre la definición exacta de conciencia, pero es bastante fácil precisar de qué estamos hablando con la ayuda de una sencilla comparación: cuando estamos despiertos tenemos conciencia, y cuando estamos sumidos en el sueño profundo, no. Esta distinción nos permite abordar una pregunta sencilla: ¿cuál es la diferencia entre la actividad cerebral de ambos estados?

Una manera de medirla es la electroencefalografía (EEG), que capta un compendio de miles de millones de neuronas al activarse recogiendo débiles señales eléctricas en el exterior del cráneo. Es una técnica un poco tosca, y a veces se dice que es como intentar comprender las reglas del béisbol captando el sonido ambiente con un micrófono desde fuera del estadio. Sin embargo, la EEG puede ayudarnos a intuir de manera inmediata las diferencias entre el estado de la vigilia y el del sueño.

Cuando estamos despiertos, las ondas cerebrales revelan que miles de millones de neuronas participan en complejos intercambios mutuos: pensemos en ello como algo parecido a los miles de conversaciones que tienen lugar entre el público del estadio.

Cuando nos vamos a dormir, nuestro cuerpo parece desconectarse, por lo que sería natural suponer que el estadio neuronal está callado. Pero en 1953 se descubrió que dicha suposición es incorrecta: el cerebro está igual de activo de noche que de día. Durante el sueño, las neuronas simplemente se coordinan entre ellas de otra manera, y entran en un estado más rítmico y sincronizado. Imagínese al público del estadio haciendo una ola incesante que da vueltas y vueltas.

Como se puede imaginar, la complejidad de la discusión en un estadio es mucho más rica cuando tienen lugar miles de conversaciones diferenciadas. Por el contrario, cuando la multitud se entrega al bramido de la ola, estamos en un momento menos intelectual.

Así que quién es usted en un momento dado depende de los detallados ritmos de su disparo neuronal. Durante el día, el yo consciente emerge de esa complejidad nerviosa integrada. Por la noche, cuando la interacción de las neuronas cambia un poquito, el yo desaparece. Sus seres amados tienen que esperar a la mañana siguiente, cuando sus neuronas dejan morir la ola y recuperan su ritmo complejo. Sólo entonces el yo regresa.

Así pues, quién es usted depende de lo que están haciendo sus neuronas en cada momento.

LOS CEREBROS SON COMO COPOS DE NIEVE

Después de acabar la carrera, tuve la oportunidad de trabajar con uno de mis héroes científicos, Francis Crick. Cuando lo conocí, dedicaba sus esfuerzos a abordar el problema de la conciencia. En la pizarra de su despacho había muchas cosas escritas; lo que siempre me llamaba la atención era la palabra que había en medio, mucho más grande que las otras. La palabra era «significado». Sabemos mucho de la mecánica de las neuronas, las redes y las regiones cerebrales, pero no sabemos por qué todas esas señales que van de un lado a otro significan algo para nosotros. ¿Por qué la materia de nuestros cerebros nos incita a interesarnos por algo?

El problema del significado todavía no está resuelto. Pero esto es lo que yo creo que podemos afirmar: el significado que tiene algo para usted depende de sus redes de asociaciones, que se basan en la historia total de sus experiencias vitales.

Imaginemos que cojo un trozo de tela, le añado colores y se la enseño a su sistema visual. ¿Es probable que accione recuerdos y dispare su imaginación? Bueno, probablemente no, porque no es más que un trozo de tela, ¿verdad?

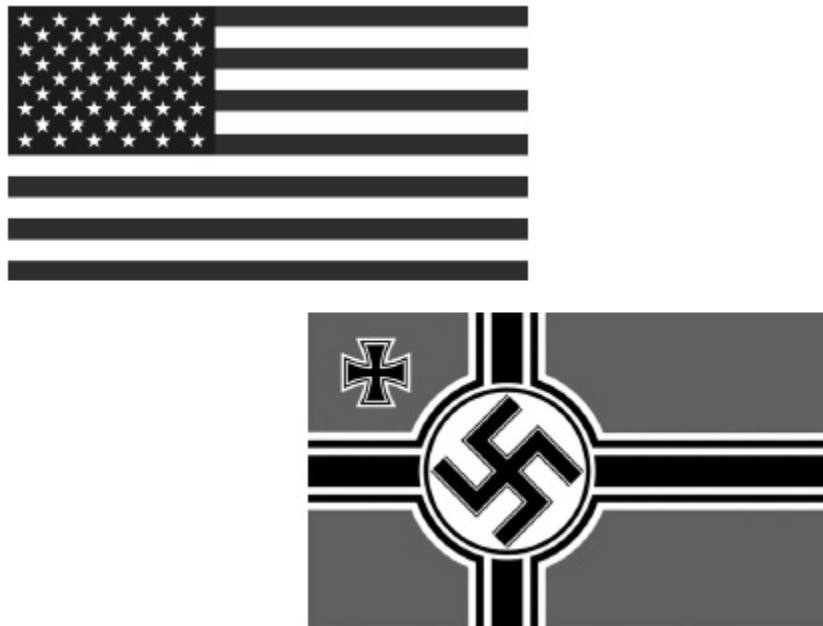
Pero imaginemos ahora que esos colores de la tela dibujan una bandera nacional. Casi seguro que verla le provocará alguna reacción, pero el

significado específico es único para su historial de experiencias. Usted no percibe los objetos como son. Los percibe como es usted.

Cada uno de nosotros sigue su propia trayectoria –guiada por nuestros genes y nuestras experiencias–, y como resultado cada cerebro posee una vida interior distinta. Los cerebros son tan distintos como copos de nieve.

A medida que sus miles de billones de nuevas conexiones se forman una y otra vez, el patrón característico significa que no ha existido nadie como usted, ni volverá a existir. La experiencia de su percepción consciente, en este mismo momento, es única para usted.

Y como el material físico cambia constantemente, nosotros también. No somos algo fijo. De la cuna a la tumba, somos una obra en marcha.



Su interpretación de los objetos físicos está estrechamente relacionada con la trayectoria histórica de su cerebro, y muy poco con los objetos en sí mismos. Estos dos rectángulos tan sólo contienen colores dispuestos de una u otra manera. Un perro no apreciaría ninguna diferencia entre ellos. Su manera de reaccionar ante ellos tiene que ver con lo que es usted, no con ellos.

Imágen de dominio público

2. ¿Qué es la realidad?

¿De qué manera la red biológica del cerebro da lugar a nuestra experiencia: la visión del verde esmeralda, el sabor de la canela, el olor de la tierra húmeda? ¿Y si le dijera que el mundo que le rodea, con sus ricos colores, texturas, sonidos y aromas, es una ilusión, un espectáculo que su cerebro representa para usted? Si pudiera percibir la realidad tal cual es, se quedaría estupefacto por su silencio incoloro, inodoro, insípido. Fuera de su cerebro sólo hay energía y materia. A lo largo de millones de años de evolución, el cerebro humano ha adquirido una gran destreza a la hora de convertir esa energía y esa materia en la rica experiencia sensorial de estar en el mundo. ¿Cómo?

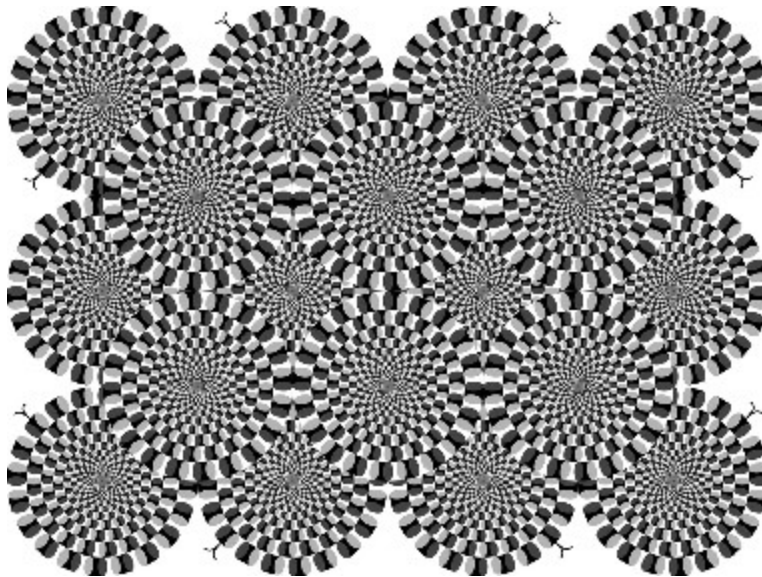
LA ILUSIÓN DE LA REALIDAD

Desde el momento en que se despierta por la mañana, le acomete una profusión de luces, sonidos y olores. Sus sentidos se ven desbordados. Lo único que tiene que hacer es aparecer cada día, y sin pensarlo ni esforzarse se ve inmerso en la irrefutable realidad del mundo.

Pero ¿hasta qué punto esa realidad es una construcción de su cerebro que tiene lugar sólo dentro de su cabeza?

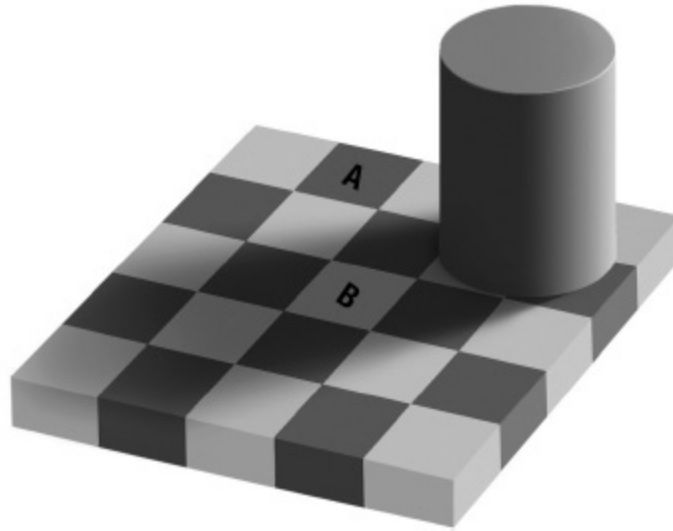
Consideremos las serpientes rotatorias de la ilustración de la página siguiente. Aunque en realidad en la imagen no se mueve nada, da la impresión de que las serpientes reptan. ¿Cómo es posible que su cerebro perciba el movimiento cuando sabe que la figura es algo fijo?

O consideremos el tablero de ajedrez de la ilustración de la página siguiente.



En la imagen no se mueve nada, pero percibe el movimiento.
Las Serpientes Rotatorias es una ilusión de Akiyoshi Kitaoka.

© Akiyoshi Kitaoka



Compare el color de los cuadrados marcados A y B.
El tablero de ajedrez es una ilusión de Edward Adelson.
© Edward Adelson, 1995

Aunque no lo parece, el cuadrado marcado con la letra A es exactamente del mismo color que el cuadrado marcado con la letra B. Para verlo por usted mismo, tape el resto de la imagen. ¿Cómo pueden parecer tan diferente los cuadrados, aun cuando son físicamente idénticos?

Ilusiones como éstas nos ofrecen los primeros indicios de que nuestra imagen del mundo exterior no es necesariamente una representación exacta. Nuestra percepción de la realidad tiene menos que ver con lo que ocurre ahí fuera y más con lo que ocurre dentro de nuestro cerebro.

SU EXPERIENCIA DE LA REALIDAD

Da la impresión de que tenemos acceso directo al mundo a través de los sentidos. Podemos extender el brazo y tocar el material del mundo físico, como este libro o la butaca donde está usted sentado. Pero este sentido del tacto no es una experiencia directa. Aunque da la impresión de que el tacto le llega a través de los dedos, de hecho tiene lugar en el centro de control del cerebro. Lo mismo sucede con el resto de sus experiencias sensoriales. La visión no se da en los ojos; no oye con el oído; el olfato no es cosa de la

nariz. Todas sus experiencias sensoriales tienen lugar en tormentas de actividad que se desatan dentro del material computacional de su cerebro.

Ésta es la clave: el cerebro no tiene acceso al mundo exterior. Está herméticamente cerrado dentro de la cámara oscura y silenciosa de su cráneo, y nunca experimenta directamente el mundo exterior, ni nunca lo hará.

En cambio, sólo hay una manera de que la información exterior llegue al cerebro. Sus órganos sensoriales –los ojos, los oídos, la nariz, la boca y la piel– actúan de intérpretes. Detectan un variopinto surtido de fuentes de información (que incluye fotones, ondas de compresión de aire, concentraciones moleculares, presión, textura, temperatura) y las convierten en la moneda única del cerebro: las señales electroquímicas.

Estas señales electroquímicas cruzan a toda velocidad densas redes de neuronas, las principales células de señales del cerebro. Hay cientos de miles de millones de neuronas en el cerebro humano, y cada neurona envía decenas o centenares de pulsos eléctricos a miles de otras neuronas durante cada segundo de su vida.

Lo que usted experimenta –todas las visiones, sonidos y olores– nunca es una experiencia directa, sino una interpretación electroquímica en un cine a oscuras.

¿Cómo consigue el cerebro convertir estos inmensos patrones electroquímicos en una comprensión útil del mundo? Lo hace comparando las señales que recibe de las diferentes entradas sensoriales y detectando los patrones que mejor le permiten intuir lo que hay «ahí fuera». Tiene un funcionamiento tan potente que parece hacerlo sin ningún esfuerzo. Pero observemos con más atención.

Comencemos con nuestro sentido más dominante: la vista. El acto de ver nos parece tan natural que cuesta apreciar la inmensa maquinaria que lo produce. Más o menos una tercera parte del cerebro humano se dedica a la misión de ver, a conseguir que fotones de luz en bruto se conviertan en la cara de su madre, en su adorable mascota, o en el sofá donde va a echar la siesta. Para desvelar la cara oculta de lo que ocurre, veamos el caso de un hombre que perdió la vista, y qué sucedió cuando se le dio la oportunidad de recuperarla.

ESTABA CIEGO PERO AHORA VEO

Mike May perdió la vista a los tres años y medio. Una explosión química le dejó las córneas llenas de cicatrices, por lo que sus ojos no tenían acceso a los fotones. Pese a su ceguera, se convirtió en un próspero hombre de negocios, y también en el mejor esquiador de velocidad ciego del mundo, capaz de surcar las laderas gracias a unos marcadores de sonido.

Tras cuarenta años de ceguera, Mike oyó hablar de un tratamiento pionero con células madre que podía reparar el deterioro físico de los ojos. Decidió someterse a la operación; después de todo, la ceguera no era más que el resultado de sus córneas dañadas, y la solución era sencilla.

Pero ocurrió algo inesperado. Unas cámaras de televisión grabaron el momento en que le quitaron los vendajes. Mike describe lo que experimentó cuando el médico le retiró la gasa: «Mis ojos se ven sometidos a un estallido de luz y a un bombardeo de imágenes. De repente se enciende esa avalancha de información visual. Es abrumador.»

TRANSDUCCIÓN SENSORIAL

La biología ha descubierto muchas maneras de convertir la información del mundo en señales electroquímicas. Éstas son algunas de las máquinas de traducción que poseemos: las células pilosas del oído interno, varios tipos de receptores del tacto en la piel, las papilas gustativas de la lengua, los receptores moleculares del bulbo olfativo y los fotorreceptores de la parte de atrás del ojo.

Las señales procedentes del entorno se traducen en señales electroquímicas transportadas por células cerebrales. Es el primer paso mediante el cual el cerebro capta la información procedente del mundo exterior al cuerpo. Los ojos convierten (o transducen) los fotones en señales eléctricas. Los mecanismos del oído interno convierten las vibraciones de la densidad del aire en señales eléctricas. Los receptores de la piel (y también del interior del cuerpo) convierten la presión, la distensión, la temperatura y las sustancias químicas nocivas en señales eléctricas. La nariz convierte las moléculas odoríferas flotantes en señales eléctricas, y la lengua hace lo propio con las moléculas gustativas. En una ciudad en la que hay visitantes de todo el mundo, la moneda extranjera debe convertirse en una moneda única antes de poder llevar a cabo

transacciones significativas. Y lo mismo ocurre con el cerebro. Es básicamente cosmopolita, y recibe a viajeros de orígenes muy distintos.

Uno de los enigmas no resueltos de la neurociencia se conoce como el «problema de la integración»: cómo el cerebro es capaz de producir una imagen única y unificada del mundo, teniendo en cuenta que la visión se procesa en una región, el oído en otra, el tacto en otra, etc. Si bien el problema sigue sin resolverse, la moneda única de las neuronas –así como su tremenda interconectividad– promete ser una de las claves de la solución.

Las nuevas córneas de Mike recibían y enfocaban la luz de manera perfecta. Pero su cerebro era incapaz de interpretar la información que recibía. Con aquellas nuevas cámaras en marcha, Mike miró a sus hijos y les sonrió. Pero por dentro estaba petrificado, porque era incapaz de explicar qué aspecto tenían, ni de distinguirlos. «Era totalmente incapaz de reconocer una cara», recuerda.

En términos quirúrgicos, el trasplante había sido un éxito rotundo. Pero desde el punto de vista de Mike, lo que experimentaba no se podía denominar visión. Tal como lo resumió: «mi cerebro exclamaba “Dios mío, qué es esto”.»

Con la ayuda de los médicos y de su familia, salió de la sala de reconocimiento y recorrió el pasillo, mientras dirigía su mirada a la alfombra, los cuadros de la pared y las puertas. Todo aquello no tenía sentido para él. Cuando lo sentaron en el coche para volver a casa, Mike recorrió con la mirada los coches, los edificios, la gente que pasaba zumbando, intentando comprender sin éxito lo que veía. En la autovía, se arredró cuando tuvo la impresión de que iban a chocar contra un gran rectángulo que tenían delante. Resultó ser un cartel indicador, y simplemente pasaron por debajo. No conseguía comprender qué eran los objetos ni su profundidad. De hecho, después de la operación Mike descubrió que le era más fácil esquiar cuando estaba ciego. Como le costaba tanto percibir la profundidad, apenas distinguía a las personas de los árboles, las sombras o los agujeros. Simplemente le parecían cosas oscuras que se recortaban contra la nieve blanca.

La lección que obtenemos de la experiencia de Mike es que el sistema

visual no es como una cámara. Ver no es simplemente quitar la tapa de la lente. Para ver, hace falta algo más que unos ojos que funcionen.

En el caso de Mike, cuarenta años de ceguera significaban que el territorio de su sistema visual (lo que normalmente denominamos la corteza visual) había sido ocupado en gran parte por los sentidos que le quedaban, como el oído y el tacto. Aquello influyó en la capacidad de su cerebro a la hora de entrelazar todas las señales que necesitaba para poder ver. Como descubriremos, la visión surge de la coordinación de miles de millones de neuronas que funcionan al unísono en una sinfonía compleja y particular.

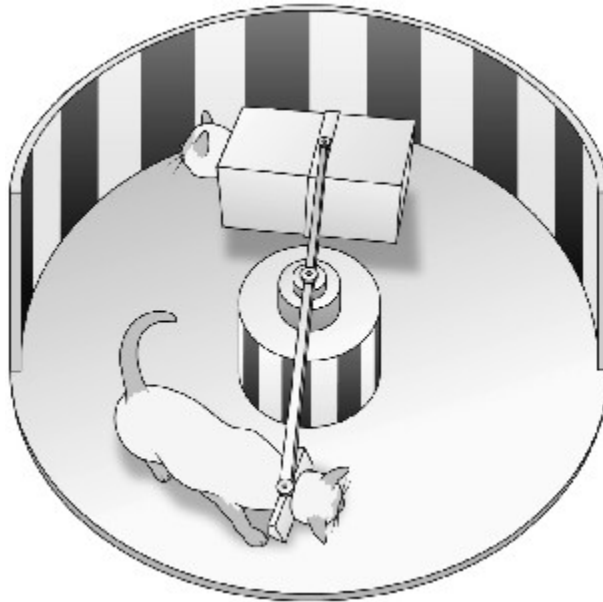
Hoy en día, quince años después de su operación, a Mike todavía le cuesta leer las palabras en un papel y las expresiones en las caras de la gente. Cuando necesita comprender mejor su imperfecta percepción visual, utiliza los demás sentidos para contrastar la información: toca, levanta, escucha. Esta comparación intersensorial es algo que todos hacemos cuando somos mucho más jóvenes, cuando nuestros cerebros intentan comprender el mundo por primera vez.

VER REQUIERE ALGO MÁS QUE OJOS

Cuando un bebé extiende el brazo para tocar lo que tiene delante, no sólo lo hace para averiguar la textura y la forma. Esos gestos también son necesarios para aprender a ver. Aunque parezca extraño imaginar que el movimiento de nuestro cuerpo es necesario para la visión, este concepto fue demostrado de manera elegante con dos gatitos en 1963.

Richard Held y Alan Hein, dos investigadores del MIT, colocaron dos gatitos dentro de un cilindro en torno al cual había unas franjas verticales. A los dos gatitos les llegaba información visual al moverse dentro del cilindro. Pero había una diferencia crítica en sus experiencias: el primero caminaba por propia voluntad, mientras que el segundo era transportado dentro de una cabina sujeta a un eje central. Como consecuencia de este montaje, los dos gatitos veían exactamente lo mismo: las franjas se movían al mismo tiempo y a la misma velocidad para ambos. Si la visión se limitara a fotones que llegan a los ojos, los sistemas visuales de los dos gatitos se habrían desarrollado de manera idéntica. Pero el resultado fue sorprendente: sólo el gatito que utilizaba su cuerpo para moverse desarrolló una visión normal. El

gatito que iba dentro de la cabina jamás aprendió a ver correctamente; su sistema visual no alcanzó un desarrollo normal.



En el interior de un cilindro con franjas verticales, un gatito caminaba mientras que el otro era transportado. Ambos recibían exactamente la misma información visual, pero sólo el que caminaba – el que era capaz de ver la relación entre sus movimientos y los cambios en la información visual– aprendió a ver correctamente.

© Ciléin Kearns

La visión no son sólo fotones interpretados inmediatamente por la corteza visual, sino toda una experiencia corporal. Las señales que llegan al cerebro sólo se pueden descifrar a base de entrenamiento, lo que implica ser capaces de contrastar las señales con la información procedente de nuestros actos y sus consecuencias sensoriales. Es la única manera en que nuestros cerebros pueden llegar a interpretar lo que los datos visuales significan en realidad.

Si desde el momento en que nace usted fuera incapaz de interactuar con el mundo, de elaborar a través de las impresiones lo que significa la información sensorial, en teoría nunca sería capaz de ver. Cuando los bebés golpean los barrotes de sus cunas, se muerden los dedos de los pies y juegan con sus bloques de construcción, no están simplemente explorando: están entrenando sus sistemas visuales. Sepultados en la oscuridad, sus cerebros aprenden cómo los actos con que se relacionan con el mundo (girar la

cabeza, empujar eso, soltar lo otro) modifican la información sensorial de retorno. Como resultado de una exhaustiva experimentación, acabamos educando la visión.

LA VISIÓN PARECE ALGO NATURAL, PERO NO LO ES

Ver parece algo tan natural que se hace difícil apreciar el esfuerzo que el cerebro lleva a cabo para construir esa operación. Para comenzar a vislumbrar algo de ese proceso, cogí un avión hasta Irvine, California, para ver qué ocurre cuando mi sistema visual no recibe las señales que espera.

La doctora Alyssa Brewer, de la Universidad de California, pretende comprender lo adaptable que es el cerebro. A tal fin, entrega a los participantes en su experimento unas gafas con unos prismas que invierten los lados derecho e izquierdo del mundo, y estudia cómo el sistema visual se enfrenta a esa circunstancia.

Un hermoso día de primavera, yo mismo me puse esas gafas con prismas. El mundo se invirtió: los objetos que estaban a la derecha ahora se veían a la izquierda, y viceversa. Al intentar calcular dónde se encontraba Alyssa, mi sistema visual me decía una cosa y mi oído me decía otra distinta. Mis sentidos no encajaban. Cuando alargué el brazo para coger un objeto, la visión que tenía de mi mano no se correspondía con la posición que me indicaban los músculos. Dos minutos después de haberme puesto aquellas gafas, sudaba y me sentía mareado.

Aunque mis ojos funcionaban y asimilaban el mundo, el flujo de datos visuales no resultaba coherente con los demás flujos de datos. A mi cerebro todo aquello le resultaba muy arduo. Era como aprender a ver por primera vez.

Yo sabía que uno se podía acostumbrar a llevar aquellas gafas. Otro de los participantes, Brian Barton, también llevaba lentes con prismas, y desde hacía ya una semana. Brian no parecía a punto de vomitar como yo. Para comparar nuestros niveles de adaptación, lo desafié a preparar un pastel. En la competición teníamos que romper varios huevos dentro de un cuenco, remover masa para magdalenas, verter la mezcla en los moldes e introducir los moldes en el horno.

La competición no tuvo color: las magdalenas de Brian salieron del

horno con un aspecto normal, mientras que casi toda mi masa acabó secándose sobre la encimera o formando unas manchas recocidas a lo largo y ancho del molde. Brian era capaz de desenvolverse en el mundo sin problemas, mientras que yo era ahora un completo inútil y tenía que hacer un esfuerzo consciente en cada paso que daba.

Llevar aquellas gafas me permitió experimentar el esfuerzo normalmente oculto que hay detrás del procesado visual. Aquella misma mañana, justo antes de ponerme las gafas, mi cerebro era capaz de recurrir a sus años de experiencia con el mundo. Pero después de la sencilla inversión de una parte de la información sensorial ya no conseguía procesar sus datos.

Para alcanzar el nivel de competencia de Brian, sabía que necesitaría seguir interactuando con el mundo durante muchos días: extender los brazos para coger objetos, seguir la dirección de los sonidos, atender a la posición de mis extremidades. Con práctica suficiente, mi cerebro se acostumbraría a interrelacionar de manera continuada los datos de los sentidos, tal como había hecho el cerebro de Brian durante siete días. Con un poco de adiestramiento, mis redes neuronales llegarían a comprender cómo los diversos flujos de datos que entraban en el cerebro encajaban con los demás flujos de datos.

Brewer nos dice que después de utilizar las gafas unos días la gente desarrolla un sentido interno de una izquierda nueva y una izquierda vieja, una derecha nueva y una derecha vieja. Al cabo de una semana ya se mueven con normalidad, tal como le ocurría a Brian, y pierden el concepto de qué derecha o qué izquierda era nueva o vieja. Su mapa espacial del mundo se altera. Después de dos semanas con esa tarea, son capaces de leer y escribir sin problemas, y caminan y consiguen coger lo que desean con la misma eficiencia de una persona sin gafas. En ese breve espacio de tiempo, dominan la inversión de la información sensorial.

En realidad, al cerebro no le importan los detalles de la información sensorial; simplemente calcula cómo moverse en el mundo de la manera más eficaz y conseguir lo que necesita. Usted no ha de preocuparse del arduo trabajo de lidiar con las señales de bajo nivel. Si alguna vez tiene la oportunidad de llevar unas gafas con prismas, no se lo piense. Revela el enorme esfuerzo que lleva a cabo el cerebro para conseguir que la visión parezca algo natural.

SINCRONIZAR LOS SENTIDOS

Ya hemos visto que nuestra percepción requiere que el cerebro compare diferentes flujos de datos sensoriales. Pero existe un detalle que convierte esta comparación en un auténtico desafío, y es la sincronización. Todos los flujos de datos sensoriales —la visión, el oído, el tacto, etc.— son procesados por el cerebro a diferentes velocidades.

Pensemos en unos velocistas en una pista de carreras. Da la impresión de que los pies se separan de los bloques de salida en cuanto suena el pistoletazo. Pero la verdad es que no es algo instantáneo: si observa la escena a cámara lenta, verá que existe un considerable intervalo entre la detonación y el inicio del movimiento: casi dos décimas de segundo. (De hecho, si abandonan los bloques antes de tiempo quedan descalificados, pues han incurrido en «una salida falsa».) Los atletas entrenan para que ese intervalo sea el mínimo posible, pero su biología impone límites fundamentales: el cerebro tiene que registrar el sonido, mandar señales a la corteza motora, éstas tienen que bajar por la médula espinal hasta los músculos del cuerpo. En un deporte en el que unas milésimas de segundo separan la victoria de la derrota, esa reacción parece sorprendentemente lenta.

¿Podría reducirse esa demora si, por poner un ejemplo, utilizáramos un flash en lugar de una pistola para dar la señal de salida? Después de todo, si la luz viaja más rápido que el sonido, ¿no deberían iniciar la carrera más deprisa?

Para comprobarlo reuní a algunos velocistas. En la fotografía superior, la salida la da un destello de luz; en la inferior, una detonación inicia la carrera.

Reaccionamos más lentamente a la luz. Puede que en principio esto parezca contradecir nuestra intuición, teniendo en cuenta la velocidad de la luz en el mundo exterior. Pero para comprender lo que ocurre tenemos que echar un vistazo a la velocidad de la información que se procesa dentro de nosotros. Los datos visuales sufren un proceso más complejo que los datos auditivos. Las señales que transmiten la información de un destello tardan más en recorrer el camino del sistema visual que las señales de una detonación en recorrer el sistema auditivo. Necesitamos 190 milisegundos

para reaccionar a la luz, pero sólo 160 para reaccionar a un disparo. Por eso se utiliza la pistola en las carreras de velocidad.



Los velocistas abandonan la posición de salida más rápidamente si oyen una detonación (fotografía inferior) que si ven un destello (fotografía superior).

© Blink Films, 2015

Pero la cosa se complica. Ya hemos visto que el cerebro procesa el sonido más rápidamente que la vista. Y, sin embargo, observe con atención lo que ocurre cuando da una palmada delante de usted. Inténtelo. Todo parece sincronizado. ¿Cómo es posible, teniendo en cuenta que el sonido se procesa más deprisa? Lo que eso significa es que su percepción de la realidad es el resultado final de cómo la imaginación se encarga de corregir cualquier desfase: el cerebro oculta que los momentos de llegada son distintos. ¿Cómo? Lo que se nos presenta como realidad es de hecho una versión demorada. Su cerebro recoge toda la información de los sentidos antes de decidir qué historia nos cuenta.

Estas dificultades de sincronización no se restringen al oído y a la vista: cada tipo de información sensorial precisa una cantidad de tiempo distinta para su procesamiento. Para complicar aún más las cosas, incluso dentro de cada sentido hay diferencias temporales. Por ejemplo, una señal tarda más en llegar a su cerebro desde el dedo gordo del pie que desde la nariz. Pero ese

detalle no es evidente para su percepción: usted primero recoge todas las señales, así que todo parece sincronizado. La extraña consecuencia de todo esto es que usted vive en el pasado. Cuando cree que ocurre un momento, éste ya ha transcurrido. Para sincronizar la información que llega procedente de los sentidos, el coste es que nuestra percepción consciente siempre va a la zaga del mundo físico. Ésa es la brecha insalvable que se abre entre un suceso y el momento en que lo experimenta su conciencia.

CUANDO SE SUPRIMEN LOS SENTIDOS, ¿SE ACABA EL ESPECTÁCULO?

Nuestra experiencia de la realidad es la construcción suprema del cerebro. Aunque se basa en el flujo de datos de nuestros sentidos, no depende de ellos. ¿Cómo lo sabemos? Porque cuando se eliminan todos, la realidad no se detiene. Sólo se vuelve más extraña.

Un soleado día, en San Francisco, cogí una barca para cruzar las frías aguas que me separaban de Alcatraz, la famosa isla que servía de cárcel. Iba a visitar una celda en particular llamada el Agujero. Si rompías las reglas del mundo exterior, te mandaban a Alcatraz. Si rompías las reglas de Alcatraz, te mandaban al Agujero.

Entré en el Agujero y cerré la puerta. Mide tres metros por tres. La oscuridad es total: no entra ni un fotón de luz por ninguna parte. Tampoco se oye nada. Ahí estás completamente a solas contigo mismo.

¿Qué ocurriría si una persona se quedara encerrada allí durante horas o días? Para averiguarlo, hablé con un recluso que lo había experimentado. Robert Luke –conocido como Cold Blue Luke–, condenado por robo a mano armada, tuvo que pasar veintinueve días en el Agujero por haber destrozado su celda. Luke relató su experiencia: «El Agujero oscuro era un lugar terrible. Algunos no podían soportarlo. Quiero decir que pasaban allí un par de días y comenzaban a darse con la cabeza contra la pared. Nadie sabe cómo actuaría si estuviera allí dentro. Y es mejor no averiguarlo.»

EL CEREBRO ES COMO UNA CIUDAD

Al igual que una ciudad, el funcionamiento global del cerebro surge de la

interacción de sus innumerables partes. A menudo se cae en la tentación de asignar una función a cada región del cerebro, en el sentido de «esta parte hace tal cosa». Pero a pesar del largo historial de intentos, la función cerebral no se puede comprender como la suma de actividades de un grupo de módulos bien definidos.

Por el contrario, hay que considerar el cerebro como una ciudad. Si le echara un vistazo a una ciudad y preguntara «¿Dónde se ubica la economía?», se daría cuenta de que esa cuestión no tiene una respuesta fácil. La economía surge de la interacción de todos los elementos, desde las tiendas y los bancos hasta los comerciantes y los clientes.

Y lo mismo ocurre con el funcionamiento cerebral: no ocurre en un solo lugar. Al igual que en una ciudad,

ningún barrio del cerebro actúa de manera aislada. En los cerebros y en las ciudades, todo emerge de la interacción entre los residentes, ya sea a escala local o más amplia. Del mismo modo que los trenes transportan materiales y géneros textiles a una ciudad, donde se procesan y acaban formando parte de la economía, las señales electroquímicas en bruto procedentes de los órganos sensoriales son transportadas a través de superautopistas de neuronas. Allí las señales se procesan y transforman en nuestra realidad consciente.

Completamente aislado del mundo exterior, sin ningún sonido ni ninguna luz, los ojos de Luke estaban completamente privados de información sensorial. Pero su mente no se olvidó del mundo exterior, y al final acabó creando uno. Luke describe la experiencia: «Recuerdo esos viajes. Una de las cosas que recordaba era hacer volar una cometa. Se volvía bastante real, pero todo estaba en mi cabeza.» El cerebro de Luke seguía viendo.

Dichas experiencias son comunes entre prisioneros confinados en soledad. Otro residente del Agujero relató que había visto un punto de luz en su imaginación; amplió ese punto hasta convertirlo en una pantalla de televisión y se puso a mirarla. Privados de nueva información sensorial, la actividad de los prisioneros iba más allá de la ensoñación, y hablaban de experiencias que parecían completamente reales. Sus imágenes no eran fantasías: las veían.

Este testimonio ilumina la relación entre el mundo exterior y lo que consideramos la realidad. ¿Cómo podemos comprender lo que le ocurría a

Luke? En el modelo tradicional de la visión, la percepción es el resultado de una secuencia de datos que comienza en los ojos y acaba en algún punto misterioso del cerebro. Pero, a pesar de su simplicidad, esta idea de la visión como una línea de montaje es incorrecta.

De hecho, el cerebro genera su propia realidad, incluso antes de recibir información procedente de los ojos y de los demás sentidos. Es lo que se conoce como modelo interno.

La base del modelo interno se puede ver en la anatomía del cerebro. El tálamo se asienta entre los ojos, en la parte delantera de la cabeza, y la corteza visual en la parte de atrás. Casi toda la información sensorial cruza este circuito camino de la región pertinente de la corteza. La información visual se dirige a la corteza visual, de manera que hay un enorme número de conexiones que van del tálamo a la corteza visual. Pero ahora llega la sorpresa: en sentido opuesto, las conexiones se multiplican por diez.

Las expectativas específicas del mundo –en otras palabras, lo que el cerebro «intuye» que hay ahí– se transmiten mediante la corteza visual al tálamo. Entonces el tálamo compara lo que llega desde los ojos, y si se corresponde con las expectativas («cuando vuelvo la cabeza debería ver una silla»), entonces muy poca actividad vuelve al sistema visual. El tálamo simplemente informa de las diferencias entre lo que indican los ojos y lo que el modelo interno del cerebro ha predicho. En otras palabras, lo que se manda de vuelta a la corteza visual es lo que no cumple las expectativas (también conocido como el «error»): la parte que no fue predicha.

De manera que, en cualquier momento, lo que experimentamos como visión se basa no tanto en la llegada de la luz a nuestros ojos como en lo que ya hay dentro de nuestra cabeza.

Y por ese motivo Cold Blue Luke, sentado en su celda completamente a oscuras, tenía ricas experiencias visuales. Encerrado en el Agujero, sus sentidos no enviaban ninguna información nueva al cerebro, de manera que su modelo interno campaba a sus anchas y experimentaba visiones y sonidos muy vívidos. Incluso cuando el cerebro no está anclado a ningún dato externo sigue generando sus propias imágenes. Aunque eliminemos el mundo, el espectáculo continúa.

No hace falta estar encerrado en el Agujero para experimentar el modelo interno. A mucha gente le encanta encerrarse en cámaras de privación

sensorial: tanques a oscuras en los que flotan en agua salada. Al dejar de estar anclado en el mundo exterior, el mundo interior vuela libremente.

Naturalmente no hace falta ir muy lejos para encontrar la propia cámara de privación sensorial. Cada noche, cuando se va uno a dormir, tiene ricas experiencias visuales. Tienes los ojos cerrados, pero disfrutas del exuberante mundo lleno de color de sus sueños, y te lo crees hasta el último detalle.

VER NUESTRAS EXPECTATIVAS

Cuando usted recorre la calle de una ciudad, parece saber automáticamente lo que ocurre sin tener que elaborar los detalles. Su cerebro elabora conjeturas acerca de lo que está viendo basándose en su modelo interno, construido a partir de años de experiencia de caminar por otras calles de la ciudad. Cada experiencia que posee aporta algo al modelo interno de su cerebro.

En lugar de utilizar los sentidos para reconstruir a cada momento la realidad desde cero, usted compara la información sensorial con un modelo que el cerebro ya ha construido: lo actualiza, lo refina, lo corrige. Su cerebro tiene tanta experiencia en esa tarea que normalmente la lleva a cabo sin darse cuenta. Pero a veces, en ciertas condiciones, se puede ver cómo funciona el proceso.

Coja una máscara de plástico de las que se llevan en Halloween. Ahora dele la vuelta hasta que tenga delante la parte hueca. Sabe que está hueca, pero a pesar de ello, a menudo no puede evitar ver la cara como si se proyectara hacia usted. Lo que experimenta no son los datos en bruto al llegar a nuestros ojos, sino su modelo interno, un modelo que durante toda su vida ha visto que las caras sobresalen. La ilusión de la máscara hueca revela la fuerza de las expectativas de lo que vemos. (He aquí una manera de demostrar la ilusión de la máscara hueca: meta la cara en un montoncito de nieve acabada de caer y saque una foto de la impresión. El cerebro ve la imagen resultante como una escultura de nieve en 3D.)



Cuando observa el lado hueco de la máscara (a la derecha), da la impresión de que se proyecta hacia usted.

Nuestras expectativas influyen poderosamente en lo que vemos.

© Science Museum/Science & Society Picture Library

También es nuestro modelo interno lo que permite que el mundo exterior permanezca estable, aun cuando nosotros nos movamos. Imagine que se encuentra en un paisaje urbano que le encantaría recordar. Saca su teléfono móvil y filma un vídeo. Pero en lugar de sacar una suave panorámica de la escena decide mover la cámara exactamente como se mueven sus ojos. Aunque por lo general no se da cuenta, la mirada se desplaza unas cuatro veces por segundo, en unos movimientos espasmódicos llamados sacádicos. Si filmara así, no tardaría en descubrir que ésa no es manera de rodar un vídeo: al reproducirlo se daría cuenta de que al contemplar las bruscas sacudidas de la imagen se marearía.

Pero en ese caso, ¿por qué el mundo parece estable cuando lo mira? ¿Por qué no parece tan espasmódico ni me produce náuseas como ese vídeo mal rodado? El motivo es el siguiente: su modelo interno se basa en la suposición de que el mundo exterior es estable. Sus ojos no son cámaras de vídeo: simplemente exploran para encontrar más detalles con los que alimentar el modelo interno. Usted no ve a través de las lentes de una cámara, sino que sus ojos recogen datos con los que alimentar el mundo que hay dentro de su cráneo.

NUESTRO MODELO INTERNO ES DE BAJA RESOLUCIÓN, PERO SE PUEDE MEJORAR

Nuestro modelo interno del mundo nos permite hacernos una idea rápida de nuestro entorno. Y ésta es su función primordial: manejarse en el mundo. Lo que no siempre es evidente es cuántos detalles sutiles deja fuera el cerebro. Tenemos la ilusión de que asimilamos el mundo que nos rodea con todo detalle. Pero como demuestra un experimento de la década de 1960, eso no es cierto.

El psicólogo ruso Alfred Yarbus ideó una manera de seguir la mirada de la gente cuando observa una escena por primera vez. Utilizando el cuadro *Un visitante inesperado*, de Iliá Repin, les pidió a los sujetos que se fijaran en sus detalles durante tres minutos y, tras retirar el cuadro, le describieran lo que habían visto.

En una repetición del experimento, les concedí a los participantes tiempo para que se fijaran bien en el cuadro, para que su cerebro construyera un modelo interno de la escena. Pero ¿hasta qué punto era detallado ese modelo? Cuando les formulé algunas preguntas a los participantes, todos los que habían visto el cuadro creían saber lo que se veía en él. Pero cuando les pregunté por algunos aspectos concretos, quedó claro que su cerebro había pasado por alto la mayoría de los detalles. ¿Cuántos cuadros había en la sala? ¿Qué muebles había en la habitación? ¿Cuántos niños? ¿Qué había en el suelo, moqueta o madera? ¿Cuál era la expresión de la cara del visitante inesperado? La falta de respuestas reveló que la gente sólo había observado la escena de manera muy superficial, y se sorprendieron al descubrir que incluso con un modelo interno de baja resolución, seguían teniendo la impresión de que lo habían visto todo. Luego, después de mis preguntas, les concedí la oportunidad de volver a mirar el cuadro para que averiguaran algunas respuestas. Sus ojos buscaron la información y la incorporaron a un nuevo modelo interno actualizado.

Eso no es un fallo del cerebro. Éste no intenta producir una perfecta simulación del mundo. Por el contrario, el modelo interno es una aproximación dibujada apresuradamente, y siempre y cuando el cerebro sepa dónde buscar los detalles más sutiles, los irá añadiendo en función de sus necesidades.

¿Por qué, pues, el cerebro no nos ofrece la imagen completa? Porque los

cerebros consumen mucha energía. El 20 % de las calorías que ingerimos se utilizan para hacer funcionar el cerebro, por lo que éste procura funcionar con la mayor eficiencia energética posible, y eso significa procesar sólo la mínima cantidad necesaria de información de los sentidos para movernos por el mundo.

Los neurocientíficos no fueron los primeros en descubrir que fijar la mirada en un objeto no significa que lo veamos. Los magos se dieron cuenta hace mucho tiempo, y lo que hacen es desviar nuestra atención hacia donde ellos desean para llevar a cabo sus juegos de manos a la vista de todos. Sus maniobras deberían delatar el truco, pero no se inquietan porque saben que nuestro cerebro sólo procesa pequeños fragmentos de la escena visual.



Seguimos los movimientos de los ojos mientras unos voluntarios observaban el cuadro *Un visitante inesperado*, el cuadro de Iliá Repin.

Las líneas blancas nos muestran la trayectoria de los ojos.

A pesar de haber recorrido la escena con los movimientos de los ojos, no retuvieron casi ningún detalle.

Todo esto contribuye a explicar por qué sigue habiendo tantos accidentes de tráfico en los que los conductores atropellan a los peatones aunque éstos sean perfectamente visibles, o chocan con un coche que tienen justo delante. En muchos de esos casos los ojos apuntaban en la dirección correcta, pero el cerebro no estaba viendo lo que había ahí fuera.

ATRAPADO EN UNA FINA PORCIÓN DE REALIDAD

Consideramos el color una cualidad básica del mundo que nos rodea. Pero en el mundo exterior, el color en realidad no existe.

Cuando la radiación electromagnética impacta en un objeto, parte de ella rebota y es captada por nuestros ojos. Podemos distinguir entre millones de combinaciones de longitudes de onda, pero todo esto se convierte en color sólo dentro de nuestra cabeza. El color es una interpretación de longitudes de onda que sólo existe internamente.

Y el fenómeno es aún más extraño, porque las longitudes de onda de las que hablamos pertenecen tan sólo a lo que llamamos «luz visible», un espectro de longitudes de onda que va del rojo al violeta. Pero la luz visible constituye tan sólo una diminuta fracción del espectro electromagnético, menos de una diez mil billonésima parte. Todo el resto del espectro – incluyendo las ondas de radio, las microondas, los rayos X, los rayos gamma, las conversaciones por móvil, el wifi, etc.– en este momento fluye a través de nosotros sin que nos demos cuenta. Y ello ocurre porque no poseemos receptores biológicos especializados para captar esas señales de otras partes del espectro. La porción de realidad que vemos está limitada por nuestra biología.

Cada criatura capta su propia porción de realidad. En el mundo ciego y sordo de las garrapatas, las señales que detecta de su entorno son la temperatura y el olor corporal. En el caso de los murciélagos, se trata de la ecolocación de las ondas de compresión de aire. En el caso de la morena negra, su experiencia en el mundo la definen las perturbaciones de los campos eléctricos. Éstas son las porciones de su ecosistema que pueden detectar. Nadie posee una experiencia de la realidad objetiva existente; cada

criatura percibe tan sólo lo que ha evolucionado para percibir. Pero es de suponer que cada criatura asume que su porción de realidad es la totalidad del mundo objetivo. ¿Por qué íbamos a ponernos a imaginar que hay algo más allá de lo que podemos percibir?

Por tanto, ¿qué «aspecto» tiene el mundo que hay fuera de su cabeza? No sólo no hay color, sino que tampoco hay sonido: la compresión y expansión del aire es lo que capta el oído, y lo convierte en señales eléctricas. Así pues, el cerebro nos presenta estas señales en forma de tonos melifluos, rumores, repiqueteos y sonidos metálicos. La realidad también es inodora: fuera de nuestro cerebro el olor no existe. Las moléculas que flotan por el aire se unen a los receptores de nuestra nariz, y nuestro cerebro las interpreta como los distintos olores. El mundo real no está lleno de ricos sucesos sensoriales, sino que es nuestro cerebro el que ilumina el mundo con su propia sensualidad.

SU REALIDAD, MI REALIDAD

¿Cómo sé si mi realidad es la misma que la suya? Casi ninguno de nosotros es capaz de saberlo, pero existe una pequeña parte de la población cuya percepción de la realidad es perceptiblemente distinta de la nuestra.

Veamos el caso de Hannah Bosley. Cuando observa las letras del alfabeto, posee una experiencia interna del color. Para ella es evidente que la *J* es de color morado, o que la *T* es roja. Las letras accionan experiencias de color de manera automática e involuntaria, y esas asociaciones nunca cambian. Su nombre de pila le parece una puesta de sol, que comienza con un color amarillo, pasa al rojo, luego a un color como de las nubes, y luego regresa al rojo y amarillo. Por el contrario, a ella el nombre «Iain» le suena como vómito, aunque trata con total amabilidad a la gente que lleva ese nombre.

No es que Hannah se ponga poética ni metafórica, sino que posee esa experiencia perceptiva conocida como sinestesia. La sinestesia es un estado en el que los sentidos (o en algunos casos los conceptos) se fusionan. Hay muchos tipos distintos de sinestesia. Hay gente que saborea las palabras. Hay gente que ve los sonidos como colores. Algunos oyen el movimiento

visual. Más o menos un 3 % de la población posee uno u otro tipo de sinestesia.

Hannah no es más que una de los más de 6.000 sinestésicos que he estudiado en mi laboratorio; de hecho, Hannah trabajó dos años en él. Estudié la sinestesia porque es uno de los pocos estados en los que está claro que la experiencia de la realidad de otra persona es palpablemente distinta de la mía. Y pone en evidencia que nuestra manera de percibir el mundo no responde a un modelo único.

La sinestesia es el resultado de una interferencia entre áreas sensoriales del cerebro, algo así como zonas vecinas con bordes porosos. La sinestesia nos muestra que incluso cambios microscópicos de las conexiones cerebrales pueden llevar a realidades distintas.

Cada vez que conozco a alguien que posee esta clase de experiencia me sirve como recordatorio de que la percepción interna de la realidad puede ser distinta entre una persona y otra, entre un cerebro y otro.

CREER LO QUE NOS DICE NUESTRO CEREBRO

Todos sabemos lo que es soñar por la noche, experimentar esos pensamientos ocultos y estrambóticos que nos sumen en un viaje singular. A veces nos enfrentamos a viajes perturbadores. La buena noticia es que cuando despertamos somos capaces de distinguir entre lo que ha sido el sueño y lo que es la vida consciente.

Imaginemos lo que ocurriría si esos estados de su realidad se entremezclaran, y resultara más difícil, o imposible, distinguir uno del otro. Para más o menos un 1 % de la población, esa distinción podría ser difícil, y su realidad podría ser agobiante y aterradora.

Elyn Saks es profesora de derecho en la Universidad del Sur de California. Es una persona inteligente y considerada, y ha sufrido episodios de esquizofrenia esporádicos desde que tenía dieciséis años. La esquizofrenia es un trastorno de su función cerebral a causa del cual oye voces o ve cosas que no existen, o cree que la gente lee sus pensamientos. Por fortuna, gracias a la medicación y a sesiones semanales de terapia, Elyn ha podido impartir clases y conferencias en la facultad de derecho durante más de veinticinco años.

Hablé con ella en su universidad y me proporcionó algunos ejemplos de episodios esquizofrénicos que había sufrido en el pasado: «Me parecía que las casas se comunicaban conmigo: Eres especial. Eres especialmente mala. Arrepiéntete. Basta. Vete. No lo oía en forma de palabras, sino en forma de pensamientos dentro de mi cabeza. Pero yo sabía que eran los pensamientos de las casas, no los míos.» En uno de esos episodios, creyó que dentro de su cerebro se desencadenaban explosiones, y temía que pudieran hacer daño a los demás, no sólo a ella. En una época distinta de su vida, estuvo convencida de que su cerebro se le saldría en forma de líquido por las orejas y ahogaría a los demás.

Ahora, después de haberse librado de esos delirios, se ríe y se encoge de hombros, y se pregunta a qué obedeció todo eso.

La causa eran unos desequilibrios químicos en su cerebro que de manera sutil transformaron el patrón de las señales. Basta un patrón un tanto distinto, y de repente te ves atrapado en una realidad en la que ocurren cosas extrañas e imposibles. Cuando Elyn se veía sumida en un episodio esquizofrénico, nada de lo que ocurría le parecía extraño. ¿Por qué? Porque creía el relato que explicaba el conjunto de su química cerebral.

En una ocasión leí un antiguo texto médico en el que la esquizofrenia se describía como una intrusión del estado de sueño en el estado de vigilia. Aunque ya no suelo verla descrita así, era una manera intuitiva de comprender cómo sería esa experiencia desde dentro. La próxima vez que vea a alguien en una esquina hablando solo y escenificando alguna historia, no se olvide de lo que le ocurriría si no pudiera distinguir cuándo está despierto y cuándo duerme.

La experiencia de Elyn supone un avance a la hora de comprender nuestra propia realidad. Cuando nos encontramos en mitad de un sueño, parece real. Cuando miramos algo de manera superficial y lo malinterpretamos, es difícil quitarse de la cabeza la sensación de que esa observación somera de lo que hemos visto es la realidad. Cuando evocamos un recuerdo que es, de hecho, falso, se hace difícil aceptar que los demás nos digan que en realidad no sucedió. Aunque es imposible cuantificarlo, la acumulación de esas falsas realidades tiñe nuestras creencias y acciones hasta un punto del que nunca seremos conscientes.

Ya se encontrara en pleno delirio o en consonancia con la realidad de la mayoría de la población, Elyn creía que lo que estaba experimentando

ocurría de verdad. Para ella, al igual que para todos nosotros, la realidad es un relato que se escenifica dentro del auditorio herméticamente cerrado del cráneo.

DISTORSIONES TEMPORALES

Existe otra faceta de la realidad que casi nunca nos paramos a considerar: la manera en que nuestro cerebro experimenta el tiempo puede llegar a ser bastante extraña. En ciertas situaciones, parece que nuestra vida discurre más deprisa o más despacio.

Cuando tenía ocho años me caí del tejado de una casa, y la caída pareció prolongarse durante mucho tiempo. Cuando fui al instituto aprendí física y calculé la duración real de la caída. Resulta que es de ocho décimas de segundo. Aquello me llevó a investigar por qué esa caída pareció prolongarse tanto y qué nos dice eso de nuestra percepción de la realidad.

En lo alto de las montañas, Jeb Corliss, un profesional del vuelo con traje aéreo, ha experimentado la distorsión temporal. Todo comenzó con un salto en concreto que ya había hecho antes. Pero aquel día decidió dirigirse hacia un objetivo: una serie de globos que haría explotar cuando pasara. Jeb recuerda: «Mientras me acercaba a uno de esos globos, atado a un saliente de granito, calculé mal.» Rebotó contra el granito a una velocidad aproximada de ciento ochenta kilómetros por hora.

Debido a que Jeb practica el vuelo con traje aéreo de manera profesional, lo ocurrido aquel día fue captado por un grupo de cámaras situadas en los acantilados y en su cuerpo. En el vídeo se puede oír el golpe seco de Jeb contra el granito. Pasa como un rayo junto a las cámaras y sigue volando por encima del borde del acantilado, que apenas ha rozado.

Y ahí es donde la sensación del tiempo de Jeb se distorsionó. Tal como lo describe: «Mi cerebro se separó en dos procesos mentales distintos. Uno de ellos consistía tan sólo en datos técnicos. Tienes dos opciones: no abrir el paracaídas, con lo cual simplemente sigues adelante, chocas y mueres. O puedes abrir el paracaídas y, una vez en el suelo, morir desangrado a la espera de que te rescaten.»

A Jeb, esos dos procesos mentales parecieron ocuparle unos cuantos minutos: «Tienes la impresión de que actúas tan deprisa que tu percepción

de todo lo demás se ralentiza, y todo se dilata. Las cosas parecen ir más despacio y tienes esa sensación de movimiento a cámara lenta.»

Tiró de la anilla y bajó en picado hasta el suelo, rompiéndose una pierna, los dos tobillos y tres dedos de los pies. Pasaron seis segundos entre el instante en que Jeb chocó contra la roca y el momento en que tiró de la anilla. Pero, al igual que en el caso de mi caída desde el tejado, el tiempo pareció dilatarse.

Esta experiencia subjetiva de deformación temporal se relata en diversas experiencias que suponen una amenaza para la vida —por ejemplo, un accidente de coche o un atraco—, así como en sucesos en los que vemos a un ser amado en peligro, como un niño que cae a un lago. Todos estos casos se caracterizan por que el protagonista afirma que los sucesos se desarrollaron más lentamente de lo normal, y ofrece abundancia de detalles.

Cuando me caí del tejado, o cuando Jeb rebotó contra el borde del acantilado, ¿qué ocurrió dentro de nuestros cerebros? ¿El tiempo se dilata de verdad en situaciones aterradoras?

Hace unos años, mis alumnos y yo ideamos un experimento para abordar esta cuestión. Provocamos un miedo extremo en algunas personas dejándolas caer desde cincuenta metros. En caída libre. Hacia atrás.

En este experimento, los participantes caían con un visor digital atado a la cintura, un dispositivo que inventamos y bautizamos como cronómetro perceptivo. Los participantes informaban de los números que eran capaces de leer en el dispositivo que llevaban en la cintura. Si realmente podían ver el tiempo a cámara lenta, serían capaces de leer los números. Pero nadie lo consiguió.

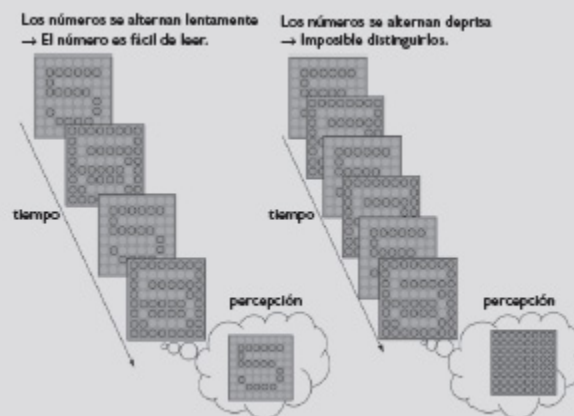
Así pues, ¿por qué Jeb y yo recordamos nuestros accidentes como si hubieran ocurrido a cámara lenta? La respuesta parece hallarse en la manera en que se almacenan nuestros recuerdos.

En situaciones aterradoras, una zona del cerebro llamada amígdala se activa a su máxima potencia y toma el mando de los recursos del resto del cerebro, obligándolos a atender la situación que acaba de presentarse. Cuando la amígdala está activa, los recuerdos se almacenan con más riqueza de detalle que en circunstancias normales, pues se ha activado un sistema de memoria secundario. Después de todo, para eso sirve la memoria: para dejar constancia de los acontecimientos importantes, y así, en caso de que vuelva a encontrarse en una situación parecida, su cerebro

disponga de más información para intentar sobrevivir. En otras palabras, cuando las cosas se ponen aterradoras, es un buen momento para tomar notas.

MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD DE VISIÓN: EL CRONÓMETRO PERCEPTIVO

Para poner a prueba la percepción en situaciones aterradoras, dejamos caer a unos voluntarios desde cincuenta metros. Yo mismo me dejé caer tres veces, y cada una fue igualmente espantosa. En el visor, los números se generan con luces LED. A cada momento, las luces que están encendidas se apagan, y las que están apagadas se encienden. Cuando la velocidad de alternancia es lenta, los participantes no tienen ningún problema en leer los números. Pero a medida que la velocidad aumenta, las imágenes positivas y negativas se fusionan, con lo que los números son imposibles de leer. Para determinar si los participantes podrían verlos a cámara lenta, los dejamos caer con una velocidad de alternancia apenas un poco mayor de la que la gente puede ver normalmente. Si en realidad hubieran visto a cámara lenta –igual que Neo en *Matrix*–, no les habría costado nada discernir los números. En caso contrario, la velocidad a la que podían percibir los números no sería distinta que cuando estaban en el suelo. ¿El resultado? Dejamos caer a veintitrés voluntarios, yo entre ellos. Durante la caída no pudimos leer más números que cuando estábamos en el suelo. A pesar de las esperanzas iniciales, no éramos como Neo.



El interesante efecto secundario es el siguiente: su cerebro no está acostumbrado a esa clase de densidad de memoria (el capó se estaba aplastando, el espejo retrovisor se estaba cayendo, el otro conductor se parecía a mi vecino Bob), por lo que cuando todo vuelve a reproducirse en su memoria, su interpretación es que todo aquello debió de durar más. En otras palabras, parece ser que no experimentamos los accidentes espantosos a cámara lenta, sino que esa impresión es el resultado de nuestra lectura de los recuerdos. Cuando nos preguntamos: «¿Qué acaba de pasar?», los detalles de nuestra memoria nos indican que debe haber ocurrido a cámara lenta, aunque no fuera así. Nuestra distorsión temporal es algo que sucede en retrospectiva, un truco de la memoria que escribe el relato de nuestra realidad.

Ahora bien, si usted ha sufrido un accidente que ha puesto en peligro su vida, es posible que insista en que fue consciente de ese desarrollo a cámara lenta mientras sucedía. Pero hay que observar que ése es otro truco de nuestra realidad consciente. Tal como hemos visto más arriba con la sincronización de los sentidos, en realidad nunca estamos presentes en el momento. Algunos filósofos sugieren que la percepción consciente no es más que una gran cantidad de memoria rápida en plena indagación: nuestro cerebro siempre pregunta: «¿Qué acaba de ocurrir? ¿Qué acaba de ocurrir?» Así, la experiencia consciente no es más que nuestra memoria más inmediata.

Como nota marginal diré que, incluso después de publicar nuestra investigación sobre el tema, algunas personas me siguen diciendo que están completamente seguras de que el suceso ocurrió como una película a cámara lenta. Y lo que yo suelo preguntarles es si la persona que iba sentada junto a ellos en el coche chillaba igual que las personas en una película a cámara lenta, con ese grave «¡noooooooooo!». Entonces admiten que no fue así. Y eso explica en parte por qué consideramos que el tiempo perceptivo en realidad no se dilata, a pesar de la realidad interior de cada uno.

EL NARRADOR

Su cerebro le brinda una narración, y cada uno de nosotros cree lo que su narración le dice. Si es usted víctima de una ilusión visual, o cree el sueño en el que está atrapado, o ve las letras en colores, o acepta un delirio como cierto durante un episodio de esquizofrenia, es porque todos aceptamos la realidad tal como la transcribe el cerebro.

A pesar de la sensación de que experimentamos directamente el mundo que hay ahí fuera, en última instancia nuestra vida se construye en la oscuridad, en una lengua extranjera de señales electroquímicas. Esa actividad, que se difunde a través de vastas redes neuronales, se convierte en su relato de lo que sucede, en su experiencia privada del mundo: el sentir este libro en sus manos, la luz de la habitación, el olor de las rosas, el sonido de los demás cuando hablan.

Pero lo más extraño es que probablemente cada cerebro cuenta un relato ligeramente distinto. En cada situación con múltiples testigos, los distintos cerebros poseen experiencias subjetivas y privadas distintas. Y con siete mil millones de cerebros humanos paseándose por el planeta (y miles de billones de cerebros animales), no puede existir una sola versión de la realidad. Cada cerebro lleva su propia verdad.

¿Qué es la realidad, por tanto? Es como un programa de televisión que sólo usted puede ver y que no puede apagar. La buena noticia es que resulta que lo que hay en antena es el programa más interesante que podría desear: editado, personalizado y emitido sólo para usted.

3. ¿Quién está al mando?

El cosmos ha resultado ser más grande de lo que imaginábamos al mirar el cielo nocturno. De manera parecida, el universo que hay dentro de nuestras cabezas se extiende mucho más allá del alcance de nuestra experiencia consciente. Hoy empezamos a atisbar la enormidad de ese espacio interior. Da la impresión de que cuesta muy poco esfuerzo reconocer la cara de un amigo, conducir un coche, entender un chiste o decidir qué sacar de la nevera. Pero lo cierto es que todo eso es posible sólo a causa de enormes cálculos que suceden por debajo de su percepción consciente. En este mismo momento, al igual que en cualquier otro de su vida, las redes de su cerebro bullen de actividad: miles de millones de señales eléctricas recorren las células a gran velocidad, desencadenan pulsos químicos en miles de billones de conexiones entre las neuronas. Los actos más sencillos se afianzan sobre la tremenda mano de obra de las neuronas. Usted permanece dichosamente ajeno a toda esa actividad, pero su vida está modelada e influida por lo que ocurre bajo la superficie: cómo actúa, qué cosas le importan, sus reacciones, sus amores y deseos, lo que considera verdadero y falso. Su experiencia es el producto final de esas redes ocultas. Así pues, ¿quién está exactamente al mando de la nave?

LA CONCIENCIA

Es por la mañana. Las calles de su barrio están tranquilas mientras el sol asoma por el horizonte. En los dormitorios de toda su ciudad, uno tras otro, tiene lugar un suceso asombroso: la conciencia humana vuelve a la vida. El objeto más complejo de nuestro planeta se da cuenta de que existe.

Hace un rato, usted también dormía profundamente. El material biológico de su cerebro era el mismo que es ahora, pero los patrones de la actividad han cambiado ligeramente, y en este momento está usted teniendo experiencias. Está leyendo garabatos sobre una página y extrae un significado de ellos. A lo mejor siente el sol en la piel y la brisa en el pelo. Puede pensar en la posición de la lengua en su boca o en la sensación de su pie izquierdo dentro del zapato. Al estar despierto, ahora es consciente de una identidad, una vida, necesidades, deseos, planes. Ahora que el día ha comenzado, está preparado para reflexionar sobre sus relaciones y metas, y guiar sus actos en consecuencia.

Pero ¿cuánto control es capaz de ejercer su percepción consciente sobre sus operaciones diarias?

Piense en cómo lee estas frases. Cuando pasa los ojos por esta página, en su mayor parte no se da cuenta de los saltos rápidos y balísticos que efectúan sus ojos. Éstos no se mueven de manera uniforme por la página, sino que van de una posición fija a otra. Cuando sus ojos están en medio de un salto se mueven demasiado deprisa para poder leer. Sólo asimilan el texto cuando los detiene y fija en una posición, generalmente durante más o menos veinte milisegundos seguidos. No somos conscientes de esos saltos y brinco, paradas y arranques, porque el cerebro se toma muchas molestias para estabilizar nuestra percepción del mundo exterior.

Leer resulta incluso más extraño si considera lo siguiente: a medida que lee estas palabras, su significado fluye de la secuencia de símbolos directamente a su cerebro. Para comprender la complejidad de lo que esto supone, intente leer esta misma información en otro idioma.

আপনার মস্তিষ্ককে মধ্যম সারসরিচিহ্ন এই ক্রম থেকে প্রবাহ অর্থ
эта азначае , патоки з сiмвалаў непасрэдна ў ваш мозг
당신의 두뇌 에 직접 심볼 의 흐름을 의미

Si resulta que usted no lee bengalí, bielorruso o coreano, entonces estas letras no le parecerán más que extraños garabatos. Pero en cuanto domina la lectura de un alfabeto (como éste), leer produce la ilusión de ser algo natural: ya no somos conscientes de llevar a cabo la ardua tarea de descifrar trazos aleatorios. Su cerebro se encarga de la tarea entre bastidores.

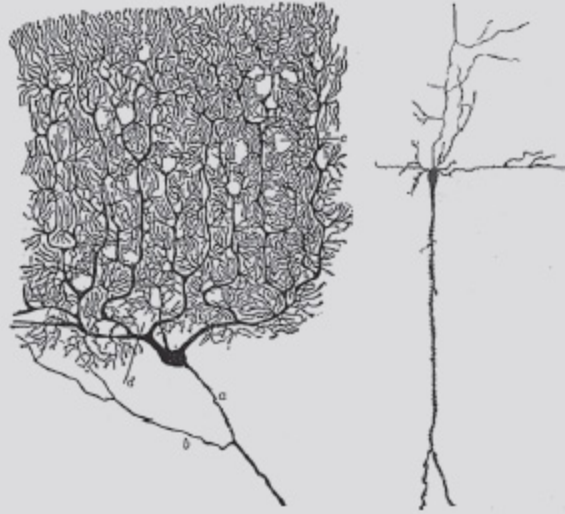
¿Quién tiene el control, por tanto? ¿Es usted el capitán de su propio barco, o sus decisiones y actos tienen más que ver con la inmensa maquinaria neuronal que opera sin que podamos verla? La cualidad de su vida cotidiana, ¿está relacionada con lo acertado de sus decisiones o con tupidas junglas de neuronas y el permanente zumbido de innumerables transmisiones químicas?

En este capítulo descubriremos que el yo consciente es sólo la parte más pequeña de la actividad de su cerebro. Sus actos, sus creencias y sus prejuicios obedecen a redes que hay en su cerebro a las que no puede acceder de manera consciente.

EL CEREBRO INCONSCIENTE EN ACCIÓN

Imagine que estamos sentados los dos en una cafetería. Mientras charlamos, observa que levanto mi taza de café para dar un sorbo. El gesto es tan habitual que normalmente ni se menciona a no ser que me derrame el café en la camisa. Pero, en honor a la verdad, hay que reconocer que llevarse la taza a la boca no es una proeza fácil. En el campo de la robótica todavía se esfuerzan para que esa tarea se lleve a cabo sin complicaciones. ¿Por qué? Porque ese sencillo gesto se basa en miles de billones de impulsos eléctricos meticulosamente coordinados por el cerebro.

EL BOSQUE CEREBRAL



Imágen de dominio público

A partir de 1887, el científico español Santiago Ramón y Cajal utilizó su formación fotográfica para aplicar tinciones químicas a cortes de tejido cerebral. Esta técnica permitía ver cada una de las células del cerebro, con su hermosa ramificación. Comenzó a ser evidente que el cerebro era un sistema de una complejidad sin parangón, y que carecíamos de un lenguaje para expresarla.

Cuando los microscopios comenzaron a fabricarse en serie y surgieron nuevos métodos de tinción celular, los científicos comenzaron a describir –al menos

en términos generales– las neuronas que comprenden nuestro cerebro. Estas asombrosas estructuras se presentan en una fascinante variedad de formas y tamaños, y están conectadas en un bosque impenetrable que los científicos todavía tardarán muchas décadas en desentrañar.

Mi sistema visual primero examina la escena para localizar la taza que tengo delante, y mis años de experiencia activan recuerdos de tomar café en otras situaciones. Mi corteza frontal utiliza señales para emprender un viaje hasta la corteza motora, que coordina con precisión las contracciones musculares –a través del torso, el brazo, el antebrazo y la manopara que yo pueda coger la taza. Cuando la toco, mis nervios transportan una gran cantidad de información acerca del peso de la taza, su posición en el espacio, su temperatura, si el asa está resbaladiza, etc. A medida que esa información asciende por la médula espinal y llega al cerebro, una

información compensatoria fluye en dirección contraria, y ambas transcurren como el tráfico veloz en una carretera de dos direcciones. Esta información brota de una compleja coreografía entre partes de mi cerebro llamadas ganglios basales, cerebelo, corteza somatosensorial y muchas más. En fracciones de un segundo, se llevan a cabo los ajustes necesarios en relación con la energía con que levanto la taza y la fuerza con que la sujeto. A través de unos detallados cálculos y el correspondiente proceso de retroalimentación, ajusto mis músculos para que mantengan la taza horizontal mientras la muevo suavemente en un prolongado arco hacia arriba. Durante todo el proceso realizo microajustes, y cuando la taza se acerca a mis labios la inclino lo bastante para extraer un poco de líquido sin escaldarme.

Harían falta docenas de los superordenadores más potentes del mundo para igualar el poder computacional necesario para lograr esa proeza. Sin embargo, yo no percibo esa tormenta de relámpagos en mi cerebro. Aunque mis redes neuronales gritan de actividad, mi percepción consciente experimenta algo muy distinto. Algo más parecido a la total despreocupación. El yo consciente está absorto en nuestra conversación. Hasta el punto de que, mientras levanto la taza, puede que incluso controle el flujo de aire que sale de mi boca y me permite mantener el hilo de una compleja conversación.

Todo lo que sé es si el café me llega a la boca o no. Si he ejecutado ese acto a la perfección, puede que ni siquiera me haya dado cuenta de haberlo hecho.

La maquinaria inconsciente de nuestro cerebro funciona sin interrupción, pero de una manera tan fluida que lo normal es que no nos percatemos de sus operaciones. Como resultado, a menudo es más fácil apreciarla sólo cuando deja de funcionar. ¿Qué ocurriría si tuviéramos que pensar de manera consciente acciones sencillas que normalmente damos por sentadas, como el acto aparentemente simple de caminar? Para averiguarlo, fui a hablar con un hombre llamado Ian Waterman.

Cuando Ian tenía diecinueve años, sufrió un extraño tipo de daño neurológico como resultado de un violento ataque de fiebre gástrica. Perdió los nervios sensoriales que mandan al cerebro los estímulos táctiles, y también la posición de los propios miembros (conocida como propiocepción). En consecuencia, Ian ya no conseguía dirigir los

movimientos del cuerpo de manera automática. Los médicos le dijeron que quedaría confinado en una silla de ruedas durante el resto de su vida, a pesar de que sus músculos estaban en buenas condiciones. El hecho es que nadie puede ir por ahí sin saber dónde está su cuerpo. Aunque rara vez nos paramos a apreciarlo, la información que obtenemos del mundo y de nuestros músculos hace posible los complejos movimientos que realizamos cada momento del día.

Ian no estaba dispuesto a permitir que su dolencia lo confinara a una vida sin movimiento. Así que cada día se levanta y echa a andar, pero la totalidad de su vida despierto exige que piense de manera consciente cada movimiento de su cuerpo. Al no tener conciencia de dónde están sus extremidades, Ian ha de mover el cuerpo con una determinación concentrada y consciente. Utiliza su sistema visual para seguir la posición de sus extremidades. Mientras camina, Ian se inclina hacia delante para verse las piernas lo mejor que puede. Para mantener el equilibrio, procura asegurarse de mantener los brazos extendidos delante. Dado que no siente cómo sus pies tocan el suelo, debe prever la distancia exacta de cada paso y posar el pie controlando firmemente la pierna. Cada paso está calculado y coordinado por su mente consciente.

Al haber perdido su capacidad de caminar de manera automática, Ian es tremendamente consciente de la milagrosa coordinación que casi todos damos por sentado al ir a dar un paseo. Él mismo señala que todos los que le rodean se mueven de manera tan fluida y perfecta que son totalmente inconscientes del asombroso sistema que controla ese proceso.

PROPIOCEPCIÓN

Incluso con los ojos cerrados, usted sabe dónde están sus extremidades: ¿éste es el brazo izquierdo o el

derecho? ¿Tiene las piernas rectas o dobladas? ¿Tiene la espalda erguida o encorvada? Esta capacidad de conocer el estado de sus músculos se denomina propiocepción. Los receptores de los músculos, tendones y articulaciones proporcionan información acerca de los ángulos de sus articulaciones, y también de la tensión y longitud de sus músculos. En conjunto, ello le presenta al cerebro una pormenorizada imagen de cómo está colocado el cuerpo y permite unos rápidos ajustes.

Usted mismo puede experimentar la falta temporal de propiocepción si intenta caminar cuando se le ha dormido una pierna. Una presión en sus nervios sensoriales ha impedido que se mandaran y se recibieran las señales adecuadas. Cuando no puede percibir la posición de sus extremidades, actos sencillos como cortar la comida, teclear o caminar resultan prácticamente imposibles.

Sólo con que Ian se distraiga un momento o le venga a la cabeza algún pensamiento no relacionado con su movimiento, es probable que acabe cayéndose. Tiene que apartar de su mente cualquier distracción mientras se concentra en los más ínfimos detalles: la pendiente del suelo, el balanceo de sus piernas.

Si pasara unos minutos con Ian, de inmediato comprendería la complejidad de los actos cotidianos en los que ni siquiera nos paramos a pensar: levantarnos, cruzar la habitación, abrir la puerta, estrecharle la mano a alguien. A pesar de lo que parece a primera vista, esos actos no son tan sencillos. Así que la próxima vez que vea a alguien caminar, correr, ir en monopatín o montar en bicicleta, deténgase un momento y maravíllese no sólo de la belleza del cuerpo humano, sino de la capacidad del cerebro inconsciente que lo organiza de manera impecable. Los complejos detalles de nuestros movimientos más básicos están animados por miles de billones de cálculos que discurren a una escala espacial más pequeña de lo que puede ver y a una complejidad mucho mayor de lo que puede comprender. Todavía no se ha construido ningún robot que se acerque ni de lejos a la competencia del cerebro humano. Y mientras que un superordenador consume enormes cantidades de energía, nuestro cerebro calcula qué hacer con una extraordinaria eficacia, utilizando la energía de una bombilla de 60 vatios.

GRABAR UNA HABILIDAD EN EL CIRCUITO DEL CEREBRO

Los neurocientíficos a menudo descubren pistas del funcionamiento cerebral examinando a gente especializada en alguna zona. A tal fin fui a conocer a Austin Naber, un niño de diez años con un talento extraordinario: posee el récord infantil de un deporte conocido como apilar vasos.

Con movimientos rápidos y fluidos imposibles de seguir con la vista, Austin transforma una columna de vasos de plástico en tres pirámides separadas y simétricas. A continuación, moviendo las manos a toda velocidad, desmonta las pirámides de vasos hasta formar dos columnas, y acto seguido transforma las columnas en una sola y alta pirámide, que luego vuelve a convertir en la columna original.

Lo hace todo en cinco segundos. Yo lo intenté, y mi mejor marca fue de cuarenta y tres segundos.

Al ver a Austin en acción, la primera impresión es que su cerebro funciona a toda velocidad, quemando una increíble cantidad de energía para coordinar tan deprisa esas complejas acciones. Para comprobar si tal impresión era cierta, me propuse medir su actividad cerebral –y la mía– durante un enfrentamiento cara a cara de apilamiento de vasos. Con la ayuda de un investigador, el doctor José Luis Contreras-Vidal, a Austin y a mí nos colocaron unos gorros con electrodos para medir la actividad eléctrica provocada por la población de neuronas que hay debajo del cráneo. Las ondas cerebrales medidas por el electroencefalograma (EEG) servirían para comparar el esfuerzo de nuestros respectivos cerebros durante la tarea. Ese artilugio nos proporcionaría una tosca ventana al mundo que hay en el interior de nuestro cráneo.

Austin me explicó los pasos de su rutina. Para no verme ridiculizado por un niño de diez años, estuve practicando repetidamente durante veinte minutos antes de comenzar oficialmente nuestro duelo.

Mis esfuerzos no sirvieron de nada. Austin me derrotó. Yo todavía no había llevado a cabo ni una octava parte de la rutina cuando él, con un golpe victorioso, remató la configuración final de los vasos.

ONDAS CEREBRALES



© CanStockPhoto

Un electroencefalograma o EEG es un método para observar la actividad eléctrica global provocada por la actividad de las neuronas. Unos pequeños electrodos colocados en la superficie del cuero cabelludo recogen las «ondas cerebrales», el término coloquial que aplicamos a las señales eléctricas producidas por el detallado parloteo nervioso que hay debajo.

El fisiólogo y psiquiatra alemán Hans Berger registró el primer EEG humano en 1924, y en las décadas de 1930 y 1940 los investigadores identificaron varios tipos distintos de ondas cerebrales: ondas delta (menos de 4 Hz), que se producen durante el sueño; ondas theta (4-7 Hz), asociadas con el sueño, la relajación profunda y la visualización; ondas alfa (8-13 Hz), que se dan cuando estamos relajados y serenos; ondas beta (13-38 Hz), que aparecen cuando pensamos de manera activa y solucionamos algún problema. Desde entonces se han identificado otros intervalos de ondas cerebrales igual de importantes, entre ellas las ondas gamma (39-100 Hz), que surgen en actividades mentales que requieren concentración, como el razonamiento y la planificación.

Nuestra actividad cerebral global es una mezcla de todas esas frecuencias distintas, pero según lo que estamos haciendo predominan unas sobre otras.

La derrota no fue inesperada, pero ¿qué reveló el EEG? Si Austin lleva a cabo su rutina ocho veces más deprisa que yo, parecería razonable suponer que su gasto de energía sería equivalente. Pero esa suposición pasa por alto una regla básica acerca de cómo el cerebro aprende una nueva habilidad. Resulta que el EEG reveló que mi cerebro, y no el de Austin, fue el que estuvo trabajando a toda máquina, quemando una enorme cantidad de energía para llevar a cabo esa nueva y compleja tarea. Mi EEG demostró una alta actividad en la banda de frecuencia de ondas beta, asociada con la resolución de problemas complejos. Austin, en cambio, mostró una alta

actividad en la banda de ondas alfa, un estado asociado con el cerebro cuando descansa. A pesar de la velocidad y complejidad de sus acciones, el cerebro de Austin estaba tranquilo.

El talento y la velocidad de Austin son el resultado de cambios físicos en su cerebro. Durante sus años de práctica, se han formado unos patrones específicos de conexiones físicas. Ha grabado la habilidad de apilar vasos en la estructura de sus neuronas. Como consecuencia, ahora Austin gasta muy poca energía en esa actividad. Mi cerebro, por el contrario, aborda el problema con consciente premeditación. Yo utilizo el software cognitivo de uso general, mientras que él ha transferido esa habilidad al hardware cognitivo especializado.

Cuando practicamos nuevas habilidades, éstas se integran físicamente, se graban por debajo del nivel de la conciencia. Algunas personas han sentido la tentación de llamar a este fenómeno memoria muscular, pero lo cierto es que la habilidad no se almacena en los músculos, sino que una rutina como la de apilar vasos se organiza a través de las densas junglas de conexiones del cerebro de Austin.

La detallada estructura de las redes del cerebro de Austin ha cambiado tras años de practicar el apilamiento de vasos. Una memoria de procedimiento es una memoria a largo plazo que nos permite hacer cosas de manera automática, como montar en bicicleta o anudarnos los cordones de los zapatos. En el caso de Austin, apilar vasos se ha convertido en una memoria de procedimiento impresa en el hardware microscópico de su cerebro, lo que explica que sus acciones sean rápidas y gasten poca energía. A través de la práctica, repetidas señales han recorrido sus redes nerviosas, reforzando las sinapsis y grabando la habilidad en el circuito. De hecho, el cerebro de Austin ha desarrollado tal pericia que puede llevar a cabo su rutina de apilar vasos con los ojos vendados y sin cometer ningún error.

En mi caso, mientras aprendía a apilar vasos, mi cerebro reclutaba áreas lentas y ávidas de energía como la corteza prefrontal, la corteza parietal y el cerebelo, áreas que a Austin ya no le resultan necesarias para realizar su rutina. Cuando uno comienza a aprender una nueva habilidad motora, el cerebelo desempeña un papel especialmente importante, pues coordina el flujo de movimientos necesarios para lograr una exactitud y una sincronización perfectas.

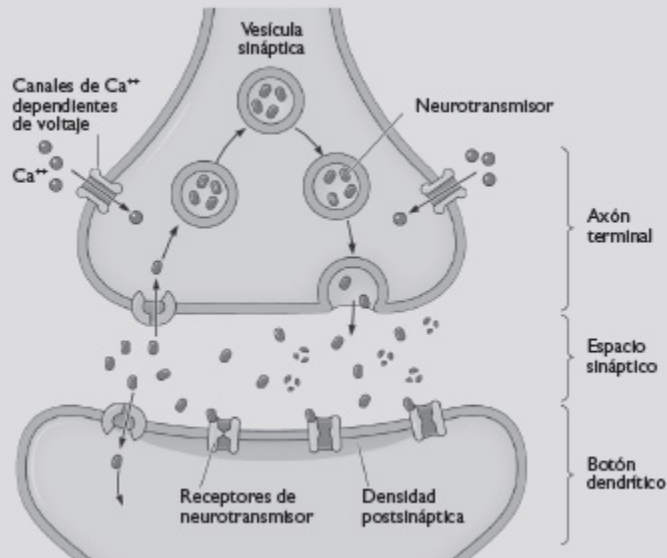
Cuando una habilidad queda integrada, pasa a estar por debajo del nivel

de control consciente. En ese punto, podemos llevar a cabo una tarea de manera automática y sin pensar en ella, es decir, sin que participe la percepción consciente. En algunos casos, esa habilidad queda integrada hasta tal punto que el circuito subyacente se halla por debajo del nivel cerebral, en la médula espinal. Es un fenómeno que se observa en gatos a los que se ha extirpado gran parte del cerebro, y que sin embargo pueden seguir caminando normalmente sobre una cinta: los complejos programas que participan en el modo de andar quedan almacenados a un nivel inferior al del sistema nervioso.

IR EN PILOTO AUTOMÁTICO

A lo largo de nuestras vidas, nuestros cerebros se reescriben para crear circuitos dedicados a las misiones que practicamos: ya sea caminar, hacer surf, realizar malabarismos, nadar o conducir. Esta capacidad de grabar programas en la estructura del cerebro es uno de sus trucos más poderosos. Para solventar el problema de cómo llevar a cabo un movimiento complejo utilizando muy poca energía, lo que hace es grabar en el hardware el circuito dedicado a ese movimiento. Una vez impresas en el circuito del cerebro, esas habilidades pueden realizarse sin pensar, sin esfuerzo consciente, lo que libera recursos y permite que el yo consciente atienda y asimile otras tareas.

SINAPSIS Y APRENDIZAJE



© Ciléin Kearns

Las conexiones entre las neuronas se llaman sinapsis. Esas conexiones son el lugar al que las sustancias químicas denominadas neurotransmisores transportan las señales entre neuronas. Pero no todas las conexiones sinápticas tienen la misma intensidad: según su historial de actividad, se vuelven más fuertes o más débiles. A medida que cambia la potencia de las sinapsis, la información fluye a través de la red de manera distinta. Si la conexión se vuelve muy débil, se atrofia y desaparece. Si se ve reforzada, puede hacer surgir nuevas conexiones. Parte de esta reconfiguración está guiada por los sistemas de recompensa, que globalmente transmiten un neurotransmisor llamado dopamina cuando algo ha ido bien. Las redes del cerebro de Austin se han visto remodeladas –de manera muy lenta y sutil– por el éxito o el fracaso de cada movimiento que ha intentado a lo largo de centenares de horas de práctica.

La consecuencia de esta automatización es que las nuevas habilidades quedan por debajo del alcance del acceso consciente. Se pierde el acceso a los sofisticados programas que funcionan bajo la superficie, de manera que ya no sabe exactamente cómo hace lo que hace. Cuando sube un tramo de escaleras al tiempo que mantiene una conversación, no tiene idea de cómo calcula las docenas de microcorrecciones del equilibrio de su cuerpo y cómo su lengua se mueve dentro de la boca para producir los sonidos

adecuados. Se trata de tareas difíciles que no siempre es capaz de hacer. Pero como sus actos se han vuelto automáticos e inconscientes, ahora posee la capacidad de llevarlos a cabo en piloto automático. Todos conocemos la sensación de volver en coche a casa por el mismo camino de cada día y de repente percatarnos de que hemos llegado sin recordar realmente el trayecto. Las habilidades que participan en el acto de conducir han quedado tan automatizadas que llevamos a cabo la rutina de manera inconsciente. El yo consciente —esa parte que cobró vida cuando nos despertamos por la mañana— ya no es el conductor, sino, como mucho, un pasajero más.

Las habilidades automatizadas poseen una particularidad interesante, y es que los intentos de interferir en ellas de manera consciente suelen empeorarlas. Cuando uno ha aprendido una competencia —por compleja que sea— es mejor dejarla a su aire.

Veamos el caso del escalador Dean Potter: hasta su reciente fallecimiento, escalaba acantilados sin cuerda y sin equipo de seguridad. Desde los doce años, Dean consagró su vida a la escalada. Los años de práctica grabaron una gran precisión y habilidad en su cerebro. Para lograr sus éxitos en el mundo de la escalada, Dean se basaba en esos circuitos entrenados al máximo sin que los estorbara ningún pensamiento consciente. Cedía completamente el control a su inconsciente. Escalaba en un estado cerebral denominado a veces «de flujo», un estado que suele darse cuando los atletas extremos llevan al límite sus capacidades. Al igual que muchos atletas, Dean conseguía llegar al estado de flujo poniendo su vida en peligro. En ese estado, su voz interior dejaba de entrometerse, y confiaba completamente en sus habilidades como escalador grabadas en su hardware a lo largo de años de esforzado entrenamiento.

Al igual que Austin Naber, el campeón de apilar vasos, las ondas cerebrales de un atleta en estado de flujo no sufren el parloteo del pensamiento consciente (¿Tengo buen aspecto? ¿Debería haber dicho esto y lo otro? ¿He cerrado la puerta con llave al salir?). Durante el estado de flujo, el cerebro entra en una especie de hipofrontalidad, que significa que las partes de la corteza prefrontal pierden temporalmente actividad. Son las áreas que participan en el pensamiento abstracto, en la planificación del futuro y cuando nos concentramos en nuestra propia persona. Reducir esas operaciones de fondo es la clave que permite que una persona pueda escalar

la cara rocosa de una montaña; proezas como la de Dean sólo pueden llevarse a cabo sin la distracción de esa cháchara interna.

A menudo es mejor mantener al margen la conciencia, y en algunos tipos de tareas lo cierto es que no hay elección, pues el cerebro inconsciente puede llevar a cabo tareas a un ritmo que la mente consciente no es capaz de seguir. Tomemos el ejemplo del béisbol, en el que una bola rápida puede desplazarse del montículo del *pitcher* hasta la base del bateador a una velocidad de ciento cincuenta kilómetros por hora. A la hora de contactar con la pelota, el cerebro sólo dispone de cuatro décimas de segundo para reaccionar. En tan escaso tiempo tiene que procesar y organizar una compleja secuencia de movimientos para poder golpear la pelota. Los bateadores golpean la pelota una y otra vez, pero no lo hacen de manera consciente, por la sencilla razón de que la pelota viaja demasiado deprisa para que el atleta sea plenamente consciente de su posición, y el movimiento de bateo termina antes de que el bateador se dé cuenta de lo que ha ocurrido. No es que la conciencia haya quedado al margen, sino que no ha intervenido en absoluto.

LAS PROFUNDAS CAVERNAS DEL INCONSCIENTE

El alcance de la mente inconsciente va mucho más allá del control de nuestro cuerpo. Modela nuestras vidas de manera más profunda. La próxima vez que participe en una conversación, fíjese en que las palabras salen de su boca a una velocidad que sería imposible si controlara de manera consciente cada palabra que dice. Su cerebro funciona entre bastidores, construyendo y produciendo el lenguaje, las conjugaciones, y los pensamientos complejos. (Compárelo, por ejemplo, con lo despacio que habla un idioma extranjero que acaba de aprender.)

Esa misma labor entre bastidores es aplicable a las ideas. Nos atribuimos el mérito consciente de todas nuestras ideas, como si nos hubiéramos esforzado mucho para generarlas. Pero en realidad su cerebro inconsciente ha estado elaborando esas ideas –consolidando recuerdos, probando nuevas combinaciones, evaluando las consecuencias– durante horas o meses antes de que la idea llegue a su conciencia y usted exclame: «¡Se me acaba de ocurrir algo!»

El hombre que comenzó a iluminar por primera vez las ocultas profundidades del inconsciente fue uno de los científicos más influyentes del siglo XX. Sigmund Freud se matriculó en la Facultad de Medicina de Viena en 1873 y se especializó en neurología. Cuando abrió su consulta privada para tratar los trastornos psicológicos, comprendió que a menudo sus pacientes no poseían un conocimiento consciente de lo que impulsaba su comportamiento. La intuición de Freud fue que gran parte de su comportamiento era producto de procesos mentales invisibles. Esa idea tan sencilla transformó la psiquiatría y marcó el comienzo de una nueva manera de comprender las emociones y los impulsos humanos.

Antes de Freud, los procesos mentales aberrantes quedaban sin explicar o se describían en términos de posesión demoníaca, escasa fuerza de voluntad, etc. Freud insistió en buscar la causa en el cerebro físico.

Invitaba a sus pacientes a tumbarse en un sofá para que no tuvieran que mirarlo a los ojos, y entonces los hacía hablar. En una época en que no existían los escáneres cerebrales, ésta era la mejor ventana para acceder al mundo del cerebro inconsciente. Su método consistía en recabar información sobre las pautas de comportamiento, el contenido de los sueños, los *lapses linguae* y los errores al escribir. Observaba como un detective, buscando pistas para introducirse en la maquinaria nerviosa inconsciente a la que los pacientes no tenían acceso directo.

Llegó a la convicción de que la mente consciente es la punta del saber de nuestros procesos mentales, mientras que la parte mucho más grande de lo que impulsa nuestros pensamientos y comportamiento es algo que no podemos ver.

La conjetura de Freud resultó ser correcta, y una de las consecuencias es que lo normal es que no conozcamos el origen de nuestras elecciones. Nuestro cerebro constantemente extrae información del entorno y la utiliza para guiar nuestro comportamiento, pero muchas veces no identificamos las influencias que nos rodean. Tomemos un efecto denominado «preactivación», en el que una circunstancia influye en la percepción de otra. Por ejemplo, si tienen la mano una bebida caliente describirá su relación con un miembro de su familia de manera más favorable; cuando tiene en la mano una bebida fría, expresará una opinión un tanto más negativa de esa relación. ¿Por qué ocurre esto? Porque los mecanismos

cerebrales que juzgan la calidez de una relación se solapan con los mecanismos que juzgan la calidez física, de manera que unos influyen en los otros. El resultado es que su opinión de algo tan fundamental como su relación con su madre puede depender de si el té que toma en ese momento está caliente o helado. De manera parecida, cuando se encuentra en un ambiente que huele mal, sus decisiones morales son más rigurosas, y, por ejemplo, es más probable que considere inmoral cualquier acto poco común cometido por otra persona. En otro estudio se demostró que, en una transacción comercial, estar sentado en una silla dura le convierte en un negociador más duro, mientras que en una silla blanda tiene más propensión a ceder.

Veamos otro ejemplo de la influencia inconsciente del «egotismo implícito», que describe nuestra atracción por cosas que nos recuerdan a nosotros mismos. Cuando el psicólogo social Brett Pelham y su equipo analizaron los archivos de licenciados de la facultad de odontología o de derecho, encontraron que entre los dentistas abundaban de manera exagerada nombres como Dennis o Denise, y entre los abogados (*lawyer* en inglés) los nombres de Laura o Laurence. También descubrieron que los propietarios de empresas de instalación de tejados (*roofing* en inglés) solían tener un nombre de pila que comenzaba por R, mientras que los propietarios de ferreterías (*hardware* en inglés) solían tener un nombre de pila que comenzaba por H. Pero ¿es la elección de nuestra carrera el único momento en que nos dejamos influir por esta circunstancia? Resulta que nuestra vida amorosa también podría verse influida enormemente por dichas similitudes. Cuando el psicólogo John Jones y sus colegas investigaron los registros matrimoniales de Georgia y Florida, descubrieron que había más parejas casadas de las que se esperaba que compartían la misma inicial, lo que significa que es más probable que Jenny se case con Joel, Alex con Amy, o Donny con Daisy. Estos efectos inconscientes son pequeños pero verificables.

La cuestión fundamental es la siguiente: si les preguntáramos a estos Dennis, Laura o Jenny por qué escogieron su profesión o a su compañero, seguro que podrían proporcionarnos una explicación consciente. Pero esa explicación no incluiría la gran influencia de su inconsciente en algunas de las elecciones más importantes de su vida.

Consideremos otro experimento ideado por el psicólogo Eckhard Hess en

1965. A un grupo de hombres se les pidió que observaran unas fotos de caras de mujeres y emitieran algunos juicios acerca de ellas, como por ejemplo lo atractivas que eran en una escala del uno al diez, si estaban felices o tristes, si eran buenas o malas personas, amistosas u hostiles. Sin que los participantes lo supieran, las fotografías habían sido manipuladas. En la mitad de las fotos, las pupilas de las mujeres se habían dilatado de manera artificial.

Los hombres encontraron más atractivas a las mujeres con los ojos dilatados. Ninguno de los hombres hizo ninguna observación acerca del tamaño de las pupilas de las mujeres, y es de suponer que ninguno de ellos sabía que los ojos dilatados eran un signo biológico de excitación femenina. Pero sus cerebros sí lo sabían. Y de manera inconsciente, los hombres dirigieron su elección hacia las mujeres con los ojos dilatados, encontrándolas más hermosas, más felices, más bondadosas y más amistosas.

INCITAR AL INCONSCIENTE

En su libro *Un pequeño empujón*, Richard Thaler y Cass Sunstein plantearon un enfoque para mejorar las «decisiones acerca de la salud, el dinero y la felicidad» apelando a las redes inconscientes del cerebro. Un pequeño cambio en nuestro entorno puede transformar nuestro comportamiento y toma de decisiones para bien sin que nos demos cuenta de ello. En los supermercados, colocar la fruta al nivel de los ojos de los clientes incita a éstos a escoger comida más saludable.

Colocar la foto de una mosca en los urinarios de los aeropuertos incita a los hombres a apuntar mejor. Inscribir de manera automática a los empleados en un plan de pensiones (con la libertad de poder borrarse si lo desean) los incita a ser más ahorrativos. Esta forma de tutela se denomina paternalismo blando, y Thaler y Sunstein consideran que guiar suavemente el cerebro inconsciente influye de manera más poderosa en nuestra toma de decisiones que la imposición directa.

Y lo cierto es que a menudo así funciona el amor. Encontramos a algunas

personas más atractivas que a otras, y por lo general no sabemos por qué. Supuestamente hay un motivo, sólo que usted no tiene acceso a él.

En otro experimento, el psicólogo evolutivo Geoffrey Miller cuantificó lo sexualmente atractiva que es una mujer para un hombre registrando las ganancias de las bailarinas de un club de strippers. E hizo un seguimiento de cómo esos ingresos cambiaban durante su ciclo menstrual de cada mes. Resultó que los hombres daban hasta el doble de propinas cuando la bailarina estaba ovulando (era fértil) que cuando estaban menstruando (no eran fértil). Pero lo más extraño es que los hombres no eran plenamente conscientes de los cambios biológicos que acompañan al ciclo menstrual: cuando la mujer está ovulando, el incremento de estrógenos cambia su aspecto sutilmente: provoca que sus rasgos sean más simétricos, su piel más suave y su cintura más estrecha. Sin embargo, los hombres, por debajo del radar de la conciencia, detectaron esos indicios de fertilidad.

Estos experimentos revelan algo fundamental sobre cómo funciona el cerebro. El trabajo de este órgano consiste en reunir información acerca del mundo y guiar su comportamiento de la manera más beneficiosa. No importa que su percepción consciente participe o no. Y pocas veces participa. La mayor parte del tiempo no es usted consciente de las decisiones que se toman en su nombre.

¿POR QUÉ SOMOS CONSCIENTES?

Así pues, ¿por qué no somos seres inconscientes? ¿Por qué no vamos todos por ahí vagando como estúpidos zombis? ¿Por qué la evolución construyó un cerebro que es consciente? Para responder a esta pregunta, imagine que camina por una calle de su barrio, pensando en sus cosas. De repente, algo le llama la atención: delante de usted, alguien va disfrazado de abeja gigante y lleva un maletín en la mano. Si se fijara en la abeja humana, observaría cómo reacciona la gente que la ve pasar: interrumpen sus rutinas automatizadas y se la quedan mirando.

La conciencia entra en acción cuando ocurre algo inesperado, cuando nos cuesta adivinar qué va a pasar a continuación. Aunque el cerebro intenta funcionar en piloto automático siempre que es posible, a veces resulta difícil en un mundo donde no todo es siempre evidente.

Pero la conciencia no consiste tan sólo en reaccionar ante la sorpresa. También desempeña un papel vital a la hora de resolver los conflictos dentro del cerebro. Miles de millones de neuronas participan en tareas que van desde respirar a moverse por su dormitorio, pasando por meterse comida en la boca o dominar un deporte. Estas tareas se sustentan sobre inmensas redes de la maquinaria del cerebro. Pero ¿qué ocurre si hay un conflicto? Supongamos que extiende el brazo hacia un helado de tres bolas pero sabe que lamentará habérselo comido. En una situación como ésa, hay que tomar una decisión, y ésta ha de ser la mejor para el organismo –usted– y sus metas a largo plazo. La conciencia es el sistema que cuenta con esta singular posición estratégica, una perspectiva que no posee ningún otro subsistema del cerebro. Y por esta razón puede desempeñar el papel de árbitro entre los miles de millones de elementos, subsistemas y procesos integrados que interactúan. Puede trazar planes y establecer metas para el sistema en su totalidad.

Me imagino a la conciencia como el director ejecutivo de una enorme empresa en expansión, con varios miles de subdivisiones y departamentos que colaboran, interactúan y compiten de muchas maneras. Las pequeñas empresas no necesitan un director ejecutivo, pero cuando una organización alcanza cierto tamaño y complejidad, necesita un director ejecutivo que esté por encima de los detalles cotidianos y planifique la empresa a largo plazo.

Aunque el director ejecutivo tiene acceso a muy pocos detalles del funcionamiento diario de la empresa, siempre tiene en mente esa perspectiva a largo plazo. El director ejecutivo encarna la perspectiva más abstracta de la empresa. En términos del cerebro, la conciencia es la manera en que miles de millones de células se ven como un todo unificado, el modo en que un sistema complejo se pone un espejo ante sí mismo.

CUANDO LA CONCIENCIA ESTÁ AUSENTE

¿Qué pasa si la conciencia deja de intervenir y andamos en piloto automático demasiado tiempo?

Ken Parks, de veintitrés años, lo descubrió el 23 de mayo de 1987, cuando se quedó dormido en su casa delante del televisor. En aquella época vivía con su hija de cinco meses y su esposa, y tenía problemas

económicos, dificultades matrimoniales y adicción al juego. Planeaba comentar sus problemas con sus suegros al día siguiente. Su suegra lo había descrito como un «gigante bondadoso», y se llevaba bien con los padres de su mujer. Aquella noche, en algún momento se levantó, condujo los veintitrés kilómetros que lo separaban de la casa de sus suegros, estranguló a su suegro y apuñaló a su suegra. A continuación se dirigió a la comisaría más cercana y le dijo a un agente: «Creo que acabo de matar a alguien.»

No recordaba lo que había ocurrido. Al parecer, su mente consciente se había ausentado durante ese horripilante episodio. ¿Qué le había ocurrido al cerebro de Ken? Marlys Edwardh, la abogada de Parks, reunió a un equipo de expertos para que la ayudaran a solucionar ese misterio. Pronto comenzaron a sospechar que los acontecimientos podrían estar relacionados con el sueño de Ken. Mientras éste estaba en la cárcel, su abogada llamó a Roger Broughton, experto en problemas del sueño, quien midió las señales EEG de Ken mientras dormía por la noche. Los resultados que encontraron coincidían con los de un sonámbulo.

El equipo siguió investigando, y descubrió que toda la parentela de Ken sufría trastornos del sueño. Teniendo en cuenta que no existía ningún móvil, que no había manera de falsear los resultados del EEG y el historial familiar, Ken fue declarado no culpable de homicidio y puesto en libertad.

¿QUIÉN MANDA, ENTONCES?

Puede que todo esto le lleve a plantearse qué control ejerce en realidad la mente consciente. ¿Es posible que vivamos como marionetas a merced de un sistema que maneja nuestros hilos y determina lo que vamos a hacer a cada momento? Hay quien cree que así es, y que nuestra mente consciente no ejerce ningún control sobre lo que hacemos.

Profundicemos en esta cuestión a través de un ejemplo sencillo. Va usted conduciendo y llega a una bifurcación en la carretera en la que puede girar a la derecha o a la izquierda. Nadie lo obliga a girar en una u otra dirección, pero en ese momento le apetece girar a la derecha. Así pues, gira a la derecha. Pero ¿por qué la derecha y no la izquierda? ¿Porque le apetecía? ¿O porque lo ha decidido por usted algún mecanismo inaccesible del cerebro? Considere lo siguiente: las señales neuronales que mueven sus

brazos para girar el volante proceden de su corteza motora, pero no se originan ahí, sino que se remontan a otras regiones del lóbulo frontal, que a su vez obedecen a otras muchas partes del cerebro, y así sucesivamente hasta formar una compleja conexión que atraviesa toda la urdimbre del cerebro. Nunca existe un tiempo cero en el que usted decide hacer algo, porque cada neurona cerebral viene impulsada por otras neuronas; no parece existir ninguna parte del sistema que actúe de manera independiente, desconectada del resto. La decisión de girar a la derecha —o a izquierda— se remonta en el tiempo: segundos, minutos, días, toda una vida. Aun cuando las decisiones parezcan espontáneas, no existen aisladas.

Así que cuando llega a esa encrucijada de la carretera con toda su historia a cuestas, ¿quién es exactamente responsable de la decisión? Estas consideraciones nos llevan a la cuestión más profunda del libre albedrío. Si rebobináramos la historia cien veces, ¿haría usted siempre lo mismo?

LA SENSACIÓN DE LIBRE ALBEDRÍO

Creemos poseer autonomía, es decir, nos parece que elegimos libremente. Pero en algunas circunstancias es posible demostrar que esta sensación de autonomía puede ser ilusoria. En un experimento, el profesor Alvaro Pascual-Leone de Harvard invitó a algunos participantes a su laboratorio para un sencillo experimento.

Los participantes se sentaron delante de la pantalla del ordenador con las manos extendidas. Cuando la pantalla se ponía roja, decidían en su fuero interno qué mano iban a mover, pero no la movían. Entonces la luz se ponía amarilla, y cuando finalmente pasaba a verde, la persona llevaba a cabo el movimiento elegido previamente, levantar la mano izquierda o la derecha.

A continuación los experimentadores introdujeron un pequeño cambio. Utilizaron la estimulación magnética transcraneal (EMT), que descarga un pulso magnético y excita la zona del cerebro que hay debajo, estimulando la corteza motora e iniciando el movimiento en la mano derecha o izquierda. En esta ocasión, al encenderse la luz amarilla accionaron el pulso de EMT (o, en la condición de control, tan sólo el sonido del pulso).

La intervención de la EMT provocó que los sujetos favorecieran una mano por encima de la otra: por ejemplo, la estimulación de la corteza

motora izquierda impulsaba a los participantes a levantar con más frecuencia la mano derecha. Pero la parte más interesante fue que los sujetos manifestaron haber sentido el deseo de mover la mano manipulada por la EMT. En otras palabras, es posible que al encenderse la luz roja interiormente escogieran mover la mano izquierda, pero luego, tras la estimulación ocurrida durante la luz amarilla, consideraran que en realidad habían querido mover la mano derecha desde el principio. Aunque había sido la EMT la que había iniciado el movimiento de la mano, muchos de los participantes creían haber tomado la decisión por su libre albedrío. Pascual-Leone expone que los participantes a menudo afirmaban haber tenido la intención de cambiar su elección. Fuera cual fuera la decisión de su cerebro, asumían haberla tomado libremente. Nada supera a la mente consciente a la hora de convencerse de que está al mando de la situación.

Experimentos como éste exponen la naturaleza problemática de confiar en nuestras intuiciones acerca de la libertad de elegir. En el momento actual, la neurociencia todavía no ha ideado un experimento perfecto que descarte del todo la existencia del libre albedrío; es un problema complejo, y es posible que la ciencia actual todavía no esté preparada para abordarlo a fondo. Pero supongamos por un momento que el libre albedrío no existe; cuando llega usted a la bifurcación de la carretera, su decisión está predeterminada. En vista de ello, no parece que una existencia tan predecible merezca la pena.

La buena noticia es que la inmensa complejidad del cerebro significa que, en realidad, no hay nada predecible. Imaginemos un depósito con hileras de pelotas de ping-pong en el fondo, cada una de ellas colocada delicadamente sobre una ratonera, a punto para dispararse. Si deja caer una pelota de ping-pong desde lo alto, es relativamente sencillo predecir matemáticamente dónde aterrizará. Pero en cuanto la pelota llega al fondo, desata una impredecible reacción en cadena. Provoca que otras pelotas salgan disparadas de su ratonera, y éstas activan a su vez otras pelotas, y la situación rápidamente se vuelve muy compleja. Cualquier error de la predicción inicial, por pequeña que sea, se amplifica a medida que las pelotas chocan y rebotan y aterrizan sobre otras. Pronto resulta completamente imposible llevar a cabo ningún vaticinio de dónde estará cada pelota.

Nuestro cerebro es como ese depósito lleno de pelotas de ping-pong, sólo

que enormemente más complejo. A lo mejor seríamos capaces de colocar unos centenares de pelotas más en el depósito, pero su cráneo alberga miles de billones de interacciones más que el depósito, y éstas siguen rebotando cada segundo de su vida. Y sus pensamientos, sentimientos y decisiones surgen de esos innumerables intercambios de energía.

Y esto es sólo el principio de la impredecibilidad. Cada cerebro está inmerso en un mundo de otros cerebros. A lo largo de la mesa de un comedor, una sala de conferencias, o en el entorno de internet, todas las neuronas humanas del planeta se influyen mutuamente y crean un sistema de inimaginable complejidad, lo que significa que aunque las neuronas sigan leyes físicas sencillas, en la práctica es imposible vaticinar exactamente qué hará cada una individualmente.

Esta titánica complejidad nos permite al menos comprender un hecho sencillo: las fuerzas que guían nuestras vidas quedan muy lejos del alcance de nuestra conciencia o de nuestro control.

4. ¿Cómo decido?

¿Me como el helado o no? ¿Contesto este email ahora o después? ¿Qué zapatos me pongo? Nuestros días están compuestos de miles de pequeñas decisiones: qué hacer, adónde ir, cómo reaccionar, si participar en algo o no. Las primeras teorías de la toma de decisiones suponían que los humanos son actores racionales, que sopesan los pros y los contras de sus opciones hasta llegar a la decisión óptima. Pero las observaciones científicas de la toma de decisiones humanas no confirman esa teoría. Los cerebros están compuestos de múltiples redes que compiten entre sí, y cada una posee sus propias metas y deseos. Cuando decidimos si zamparnos o no un helado, algunas redes de nuestro cerebro quieren el azúcar; otras piensan más a largo plazo, se dejan guiar por la vanidad y votan en contra; otras redes sugieren que quizá podríamos comernos el helado si nos prometemos a nosotros mismos ir al gimnasio mañana. El cerebro es como un parlamento neuronal, compuesto de partidos políticos rivales que compiten a la hora de llevar el timón de la nave del Estado. A veces decidimos de manera egoísta, a veces de manera generosa, o impulsiva, y a veces con visión a largo plazo. Somos criaturas complejas porque estamos compuestos de muchas pulsiones. Y todas quieren estar al mando.

EL SONIDO DE UNA DECISIÓN

Sobre la mesa de operaciones, un paciente llamado Jim se somete a una intervención en el cerebro para detenerle el temblor de la mano. El neurocirujano ha implantado en el cerebro de Jim unos cables finos y alargados llamados electrodos. Al aplicar una corriente eléctrica a través de los cables, se pueden ajustar los patrones de actividad de las neuronas de Jim a fin de reducirle los temblores.

Los electrodos nos ofrecen una oportunidad singular para escuchar la actividad de neuronas individuales. Las neuronas hablan entre sí a través de picos eléctricos llamados potenciales de acción, pero estas señales son invisibles de tan pequeñas, de modo que los cirujanos e investigadores a menudo hacen pasar estas ínfimas señales eléctricas a través de un altavoz de audio. Así, un minúsculo cambio en el voltaje (una décima de voltio que dura una milésima de segundo) se convierte en un *pop* audible.

A medida que se inserta el electrodo en diferentes regiones cerebrales, el oído experto es capaz de reconocer los patrones de actividad de estas regiones. Algunos emplazamientos se caracterizan por un *¡pop! ¡pop! ¡pop!*, y en otros el sonido es distinto: *¡pop!... ¡poppop!... ¡pop!* Es como aparecer de repente en medio de la conversación entre varias personas en cualquier lugar al azar del globo terrestre: como las personas con las que uno se encuentra tienen trabajos específicos en distintas culturas, las conversaciones entre todas ellas son diferentes.

Yo estoy en el quirófano como investigador: mientras mi colega lleva a cabo la operación, mi objetivo es comprender mejor cómo el cerebro toma sus decisiones. A ese fin, le pido a Jim que lleve a cabo diferentes tareas – como hablar, leer, mirar, decidir para determinar qué se correlaciona con la actividad de sus neuronas. Como el cerebro posee receptores del dolor, el paciente puede estar despierto durante la operación. Le pido a Jim que observe un dibujo sencillo mientras registramos la actividad de sus neuronas.

En la figura de la página siguiente, puede que vea a una joven tocada con

una capota con la mirada en la lejanía. Ahora intente interpretar la misma imagen de otra manera: una anciana con la vista en el suelo y hacia la izquierda. Esta imagen se puede ver de dos maneras (lo que se conoce como biestabilidad perceptiva): las líneas que hay sobre la página son coherentes con dos interpretaciones distintas. Cuando usted contempla la figura, ve una versión, y al cabo de cierto tiempo la otra, luego vuelve a ver la primera, y así sucesivamente. Lo importante es lo siguiente: sobre la página no ocurre ningún cambio, por lo que, cada vez que Jim afirma que la imagen se ha transformado, tiene que ser porque algo ha cambiado dentro de su cerebro.



¿Qué sucede en su cerebro cuando ve a la anciana?

¿Qué cambia cuando ve a la joven?

Imágen de dominio público

En el momento en que ve a la joven, o a la anciana, su cerebro ha tomado una decisión. Pero la decisión no tiene que ser consciente; en este caso es una decisión perceptiva tomada por el sistema visual de Jim, y la mecánica del paso de una otra es algo que queda completamente oculto bajo la superficie. En teoría, el cerebro debería ser capaz de ver a la joven y a la anciana al mismo tiempo, pero lo cierto es que el cerebro no funciona así. De modo reflejo, se topa con algo ambiguo y lleva a cabo una elección. Con el tiempo su elección es distinta, y puede que pase de una a otra de manera

reiterada. Pero nuestro cerebro siempre hace de la ambigüedad una elección.

Así que cuando el cerebro de Jim decide interpretar que se trata de una joven —o una anciana—, podemos escuchar la reacción de un pequeño número de neuronas. Algunas aumentan su nivel de actividad (*¡poppop! ¡pop!... ¡pop!...*), otras lo disminuyen (*¡pop!... ¡pop!... ¡pop!... ¡pop!*). No siempre se trata de acelerar o frenar: a veces las neuronas cambian su patrón de actividad de manera más sutil, se sincronizan o desincronizan con otras neuronas al tiempo que mantienen su cadencia original.

Las neuronas que estamos observando no son en sí mismas responsables del cambio perceptivo, sino que más bien operan de común acuerdo con miles de millones de otras neuronas, de manera que los cambios que presenciamos no son más que el reflejo de un patrón cambiante que se extiende por una dilatada franja del territorio cerebral. Cuando un patrón se impone a otro en el cerebro de Jim, entonces éste toma una decisión.

Su cerebro toma miles de decisiones cada día de su vida, y dicta su experiencia del mundo. Desde la decisión de qué ropa llevar, a quién llamar, cómo interpretar un comentario brusco, si contestar a un email o no, cuándo marcharse; son decisiones que subyacen a todas nuestras acciones y pensamientos. La persona que es usted surge de las batallas que se libran a lo largo y ancho del cerebro para dominar esa agitación que hay dentro de su cráneo en cada momento de su vida.

Al escuchar la actividad neuronal de Jim —*¡pop! ¡pop! ¡pop!*— resulta imposible no quedarse sobrecogido. Después de todo, así es como suena cada decisión de la historia de nuestra especie. Cada propuesta matrimonial, cada declaración de guerra, cada salto de la imaginación, cada misión emprendida a lo desconocido, cada acto de bondad, cada mentira, cada progreso que nos llena de euforia, cada momento decisivo. Todo ocurrió ahí, en la oscuridad del cráneo, todo surgió de patrones de actividad en redes de células biológicas.

EL CEREBRO ES UN MECANISMO QUE SURGE DEL CONFLICTO

Observemos un poco más de cerca lo que ocurre entre bastidores cuando tomamos una decisión. Imaginemos una elección sencilla: estamos en una

tienda de yogur helado y hemos de decidir entre dos sabores que nos gustan por igual. Supongamos que son menta y limón. Desde fuera, no parece que sea gran cosa: simplemente está indeciso entre dos opciones. Pero en el interior de su cerebro, una decisión tan sencilla desencadena un huracán de actividad.

En sí misma, una sola neurona no posee ninguna influencia significativa. Pero cada una está conectada a otros miles, que a su vez se conectan a otros miles, y así hasta formar una red inmensa, compleja e interconectada. Y todas liberan sustancias químicas que se excitan o se inhiben mutuamente.

Dentro de esa red, hay una constelación concreta de neuronas que encarna la menta. Ese patrón está formado por neuronas que se excitan mutuamente. No tienen por qué ser necesariamente contiguas; lo más probable es que se hallen en regiones distantes del cerebro que participan en el gusto, el olor, la visión y su historia individual de recuerdos en los que interviene la menta. Cada una de estas neuronas, en sí misma, tiene poco que ver con la menta: de hecho, cada neurona desempeña muchos papeles en momentos diferentes y en coaliciones que cambian continuamente. Pero cuando estas neuronas se activan de manera colectiva, en una disposición concreta..., eso es la menta para su cerebro. Cuando está delante de la exposición de yogures, esta entusiasta federación de neuronas se comunican entre sí como individuos dispersos que se conectan en línea.

Estas neuronas no actúan solas en su toma de decisiones. Al mismo tiempo, la otra opción —el limón— está representada por su partido neuronal. Cada coalición —menta y limón— intenta cobrar ventaja intensificando su propia actividad e inhibiendo la de la otra. El combate continúa hasta que uno triunfa en esta competición sin concesiones. La red triunfal define lo que va usted a hacer ahora.

Contrariamente a los ordenadores, en el cerebro no cesa nunca el conflicto entre distintas posibilidades, y todas ellas intentan derrotar a las otras. Y siempre hay múltiples opciones. Incluso después de seleccionar la menta o el limón, se topa con otro conflicto: ¿debo comérmelo todo? Una parte de usted desea esa deliciosa fuente de energía, y al mismo tiempo hay otra parte que sabe que tiene mucho azúcar, y a lo mejor debería ir a correr. Si se acaba o no todo el helado que le han servido es una simple cuestión de cómo se desarrolla esa lucha interior.

EL CEREBRO DIVIDIDO: DESVELAR EL CONFLICTO

En circunstancias especiales resulta especialmente fácil presenciar el conflicto interno entre distintas partes del cerebro. Como tratamiento para ciertas formas de epilepsia, algunos pacientes sufren una operación de «cerebro dividido», en la que se desconectan los dos hemisferios cerebrales. Normalmente, ambos hemisferios están conectados mediante una superautopista de nervios llamada cuerpo calloso, que permite que la mitad derecha e izquierda se coordinen y trabajen de manera concertada. Si siente usted frío, ambas manos cooperan: una sujeta el extremo de la cremallera mientras la otra la sube.

Pero cuando se amputa el cuerpo calloso, surge un fenómeno clínico extraordinario y fascinante: el síndrome de la mano ajena. Las dos manos pueden actuar con intenciones totalmente distintas: el paciente comienza a subir la cremallera de la chaqueta con una mano mientras la otra (la mano «ajena») de repente agarra la cremallera y la baja de un tirón. O puede que el paciente extienda una mano para coger una galleta y con la otra dé una palmada a la primera para que la suelte. El conflicto normal que tiene lugar en el cerebro se desvela cuando los dos hemisferios actúan de manera independiente.

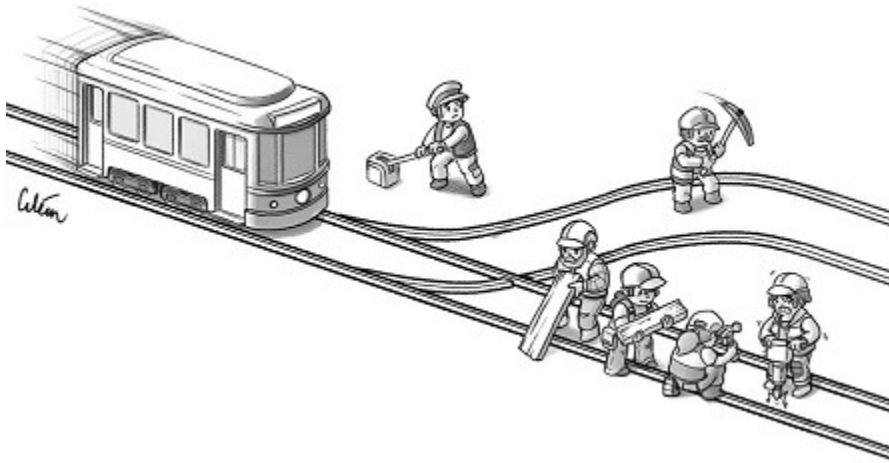
El síndrome de la mano ajena normalmente desaparece a las pocas semanas de la operación, y las dos mitades del cerebro aprovechan las conexiones que quedan para comenzar a coordinarse de nuevo. Pero es una clara demostración de que incluso cuando creemos actuar de manera resuelta, nuestros actos son el producto de intensas batallas que se libran continuamente en la oscuridad del cráneo.

De resultas de los continuos conflictos del cerebro, podemos discutir con nosotros mismos, insultarnos, engatusarnos. Pero ¿quién habla exactamente con quién? Todos los «quiénes» son usted, aunque distintas partes de usted.

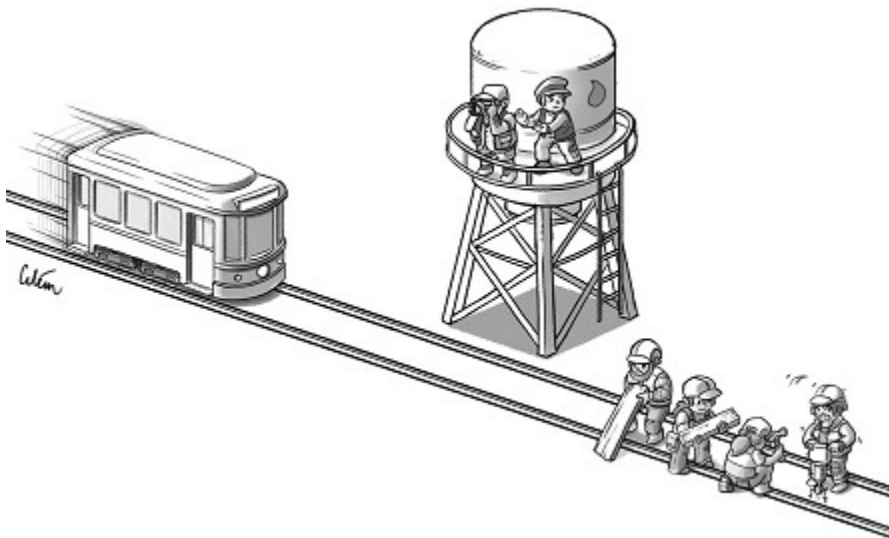
Para singularizar algunos de los principales sistemas rivales del cerebro, veamos un experimento mental conocido como el dilema del tranvía. Un tranvía baja a toda velocidad por las vías, fuera de control. Un poco más abajo, cuatro trabajadores están reparando los rieles, y usted, un transeúnte, enseguida comprende que el tranvía desbocado los va a matar. Entonces se da cuenta de que a su lado hay una palanca mediante la cual puede desviar el tranvía. ¡Pero un momento! También observa que en la otra vía hay un trabajador. Es decir, que si acciona la palanca matará a un trabajador; si no, morirán cuatro. ¿Accionará la palanca?

Consideremos ahora un segundo escenario un tanto distinto. La situación inicial parte de la misma premisa: un tranvía baja a toda velocidad por las

vías, fuera de control, y cuatro trabajadores van a morir. Pero en esta ocasión se halla usted en la plataforma de un depósito de agua que da a la vía, y observa que hay un hombre bastante grandote a su lado, con la mirada perdida a lo lejos. Comprende que si lo empuja aterrizará justo sobre la vía, y el volumen de su cuerpo será suficiente para detener el tranvía y salvar a los cuatro trabajadores.



El dilema del tranvía. Cuando se le pide a alguien qué haría en semejante disyuntiva, casi todo el mundo afirma que accionaría la palanca. Después de todo, es mucho mejor que muera una sola persona que cuatro, ¿cierto?



El dilema del tranvía, en un segundo escenario. En esta situación, casi nadie está dispuesto a empujar al hombre. ¿Por qué?

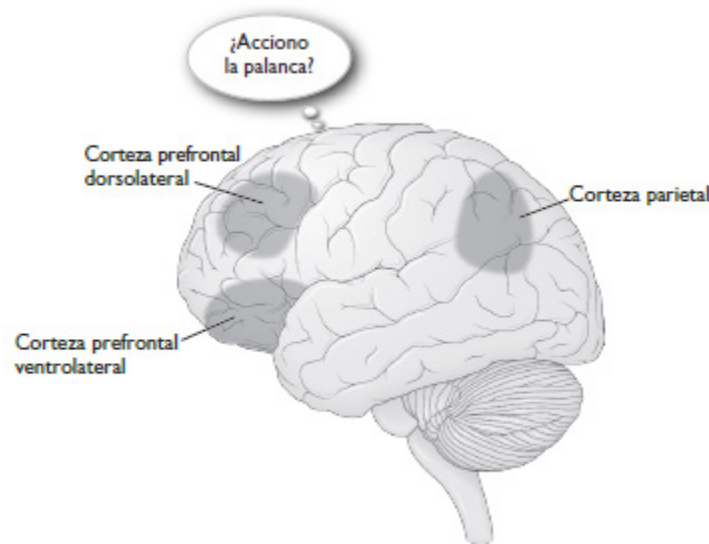
Cuando se pregunta a alguien, las respuestas que da son:
«Eso sería asesinato» y «No estaría bien».

© Ciléin Kearns

¿Lo empujaría?

Pero un momento. ¿No se le está pidiendo que considere la misma ecuación en ambos casos? ¿Sacrificar una vida para salvar cuatro? ¿Por qué los resultados son tan distintos en el segundo escenario? Los expertos en ética han abordado el problema desde muchos ángulos, pero la producción de neuroimágenes ha conseguido presentar una respuesta bastante sencilla. Para el cerebro, el primer escenario no es más que un problema matemático. El dilema activa regiones que participan en la solución de problemas de lógica.

En el segundo escenario, tiene que interactuar físicamente con el hombre y empujarlo a una muerte segura. Para tomar esa decisión hacen falta nuevas redes adicionales: regiones cerebrales que participan en la emoción.



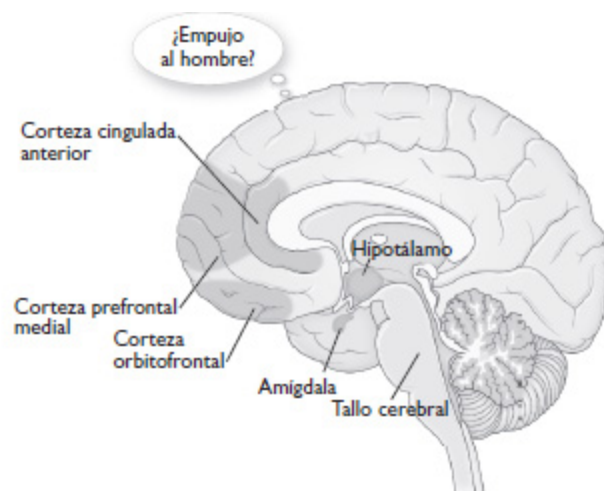
En la solución de problemas de lógica varias regiones del cerebro participan más activamente.

© Dragonfly Media

En el segundo escenario, nos vemos atrapados en un conflicto entre dos sistemas que poseen opiniones distintas. Nuestras redes racionales nos dicen que una muerte es mejor que cuatro, pero nuestras redes emocionales

activan una reacción instintiva que nos dice que asesinar a un transeúnte está mal. Nos vemos atrapados entre dos pulsiones en conflicto, con el resultado de que la decisión probablemente será por completo distinta de la del primer escenario.

El dilema del tranvía arroja luz sobre situaciones del mundo real. Pensemos en la guerra moderna, que tiene más que ver con accionar una palanca que con empujar al hombre de la torre. Cuando una persona aprieta el botón para lanzar misiles de largo alcance, en la decisión sólo participan las redes dedicadas a solucionar problemas de lógica. Manejar un dron puede convertirse en algo parecido a un videojuego; los ciberataques producen estragos a distancia. En este caso operan las redes racionales, pero no necesariamente las emocionales. La frialdad con que se aborda la guerra a distancia reduce el conflicto interior, con lo que es más fácil librarla.



Cuando nos planteamos si empujar a un hombre inocente a la muerte, las redes que participan en las emociones intervienen en la toma de la decisión, y eso puede alterar el resultado.

© Dragonfly Media

Un experto sugirió que el botón para lanzar misiles nucleares debería implantarse en el pecho del mejor amigo del presidente. De ese modo, si decidiera lanzar los misiles, tendría que abrirle el pecho, lo que supondría un acto de violencia física contra su amigo. Ese pensamiento haría que intervinieran redes emocionales en la decisión. Cuando se trata de tomar decisiones que afectan a la vida y la muerte, utilizar tan sólo la razón puede ser peligroso; nuestras emociones son una circunscripción poderosa y a

menudo intuitiva de nuestro parlamento mental, y no deberíamos excluirlas a la hora de votar. El mundo no sería mejor si nos comportamos como robots.

Aunque la neurociencia es algo nuevo, esta intuición cuenta con una larga historia. Los antiguos griegos sugerían que debíamos pensar en la vida como si fuera un carro. Nosotros somos los aurigas que intentan sujetar a los dos caballos: el caballo blanco de la razón y el caballo negro de la pasión. Cada uno tira en dirección opuesta al otro, y nuestro trabajo es mantenerlos bajo control y no apartarnos del medio de la carretera.

De hecho, como suele ser habitual en la neurociencia, podemos desvelar la importancia de las emociones viendo qué ocurre cuando alguien pierde la capacidad de incluirlas en su toma de decisiones.

LOS ESTADOS CORPORALES LE AYUDAN A DECIDIR

Las emociones añaden riqueza a nuestras vidas, y también son el secreto que explica cómo actuamos a cada momento. Esto queda ilustrado al observar la situación de Tammy Myers, una ex ingeniera que sufrió un accidente de moto que le provocó una lesión en la corteza orbitofrontal, la región que queda justo encima de las cuencas oculares. Esta región cerebral es básica a la hora de integrar las señales que le llegan procedentes del cuerpo, señales que le indican al resto del cerebro cuál es el estado de su cuerpo: si está hambriento, nervioso, excitado, avergonzado, sediento, alegre.

Tammy no tiene aspecto de haber sufrido una lesión cerebral traumática. Pero si usted pasa cinco minutos con ella detectará que tiene un problema a la hora de enfrentarse a las decisiones cotidianas de la vida. Aunque es capaz de describir todos los pros y los contras de cada elección que se le plantea, las situaciones más sencillas la dejan sumida en la indecisión, pues como ahora es incapaz de leer los sumarios emocionales de su cuerpo, las decisiones le resultan increíblemente difíciles. En su caso, ninguna decisión resulta palpablemente distinta de otra. Sin tomar decisiones, no se puede hacer gran cosa; Tammy nos dice que a menudo se pasa todo el día en el sofá.

La lesión cerebral de Tammy nos indica algo básico sobre la toma de

decisiones. Es fácil imaginar que el cerebro lleva el mando del cuerpo desde su posición dominante, pero el hecho es que el cerebro mantiene una retroalimentación constante con el cuerpo. Las señales físicas del cuerpo ofrecen un rápido resumen de lo que está sucediendo y de cómo obrar. Para llegar a una decisión, el cerebro y el cuerpo tienen que mantener una comunicación estrecha.

Consideremos la situación siguiente: le han dejado un paquete de su vecino y se lo quiere entregar. Pero cuando se acerca a la puerta de su patio, su perro gruñe y le enseña los dientes. ¿Qué hace ahora? ¿Abre la verja y sigue hasta la puerta principal? En este caso, el factor decisorio no es que conozca las estadísticas de ataque de ese perro, sino que es la postura amenazante del animal lo que desencadena una serie de respuestas fisiológicas en su cuerpo: se le acelera el corazón, siente un nudo en el estómago, se le tensan los músculos, se le dilatan las pupilas, hay cambios en las hormonas sanguíneas, se abren las glándulas sudoríparas, etc. Estas reacciones son automáticas e inconscientes.

En ese momento, mientras está junto a la verja con la mano en el tirador, hay muchos detalles externos que podría evaluar (por ejemplo, el color del collar del perro), pero lo que su cerebro realmente necesita saber en ese momento es si debería enfrentarse al perro o entregar el paquete de otra manera. Su estado corporal le ayuda en la tarea: es un resumen de la situación. Su rúbrica fisiológica se puede considerar un titular de baja resolución: «Esto es malo» o «Esto no supone ningún problema». Y eso ayuda a que su cerebro tome la decisión.

Cada día leemos en nuestro cuerpo estados como ése. En casi todas las situaciones, las señales fisiológicas son más sutiles, y a menudo tendemos a pasarlas por alto. Sin embargo, estas señales son básicas para guiar las decisiones que hemos de tomar. Imaginemos que estamos en un supermercado, uno de esos lugares en los que Tammy se queda paralizada por la indecisión. ¿Qué manzanas comprar? ¿Qué pan? ¿Qué helado? Los compradores se enfrentan a miles de elecciones, y el resultado es que pasamos centenares de horas de nuestras vidas vagando por los pasillos del supermercado, intentando que nuestras redes nerviosas favorezcan una decisión por encima de otra. Aunque habitualmente no nos damos cuenta, nuestro cuerpo nos ayuda a solventar esta desconcertante complejidad.

Tomemos como ejemplo la elección de qué clase de sopa comprar. Hay

demasiados datos a tener en cuenta: las calorías, el precio, el contenido en sal, el sabor, el envase, etc. Si fuera un robot, se pasaría el día intentando tomar una decisión, incapaz de establecer una jerarquía de cuáles son los detalles más importantes. Para realizar una elección, necesita algún tipo de resumen. Y eso es lo que es capaz de ofrecerle la reacción de su cuerpo. Pensar en su presupuesto a lo mejor hace que le suden las palmas de las manos, o a lo mejor se le hace la boca agua pensando en la última vez que tomó la sopa de fideos con pollo, o a lo mejor la otra sopa era demasiado cremosa y le provocó retortijones. Simula su experiencia con una sopa, y luego con otra. Su experiencia corporal ayuda a su cerebro a darle rápidamente un valor a la sopa A y otro a la sopa B, lo que permite inclinar la balanza en una dirección o en otra. No solamente extrae datos de las latas de sopa, sino que *siente* los datos. Esas rúbricas emocionales son más sutiles que las relacionadas con enfrentarse a un perro que ladra, pero la idea es la misma: cada elección viene marcada por una rúbrica corporal, y eso le ayuda a decidir.

Cuando anteriormente estaba decidiendo entre el yogur helado de menta y el de limón, se libraba una batalla entre redes. Los estados fisiológicos de su cuerpo son la clave que ayuda a decidir el resultado de la batalla, que permiten que una red triunfe sobre otra. Debido a su lesión cerebral, Tammy carece de la capacidad de integrar sus señales corporales en su toma de decisiones, por lo que le resulta imposible comparar rápidamente el valor global entre opciones distintas, y tampoco puede priorizar las docenas de detalles que es capaz de expresar. Por eso Tammy pasa mucho tiempo en el sofá: ninguna de las elecciones que se le presentan tiene un valor emocional especial. Ninguna de las redes consigue que sus argumentos sean más convincentes, y los debates en ese parlamento neuronal siguen en punto muerto.

Como la mente consciente tiene un ancho de banda bajo, lo normal es que no tengamos acceso a las señales corporales que inclinan la balanza de las decisiones; la mayor parte de la acción de su cuerpo vive muy por debajo de su conciencia. Sin embargo, estas señales pueden tener consecuencias de gran alcance en la clase de persona que usted cree ser. Por ejemplo, el neurocientífico Read Montague ha descubierto un vínculo entre la inclinación política de una persona y el carácter de sus respuestas emocionales. Somete a los participantes a un escáner cerebral que mide sus

respuestas a una serie de imágenes elegidas para evocar una reacción de repugnancia, desde imágenes de heces a cadáveres, pasando por comida cubierta de insectos. Cuando las personas salen del escáner, se les pregunta si les gustaría participar en otro experimento; si dicen «sí», se les somete a una encuesta de ideología política de diez minutos. Se les formulan preguntas acerca de qué opinan del control de armas, el aborto, el sexo prematrimonial, etc. Montague ha descubierto que cuanto más repugnan las imágenes al participante, más probable es que sea políticamente conservador. Cuanto menos le desagraden, más liberal. La correlación es tan fuerte que la respuesta neuronal de una persona a una sola imagen desagradable puede predecir el resultado de su test de ideología política con una exactitud del 95 %. Las ideas políticas surgen en la intersección de lo mental y lo corporal.

VIAJAR AL FUTURO

En cada decisión participan nuestras experiencias anteriores (almacenadas en los estados de nuestro cuerpo) y la situación actual (¿Tengo suficiente dinero para comprar X en lugar de Y? ¿Está disponible la opción Z?). Pero en la historia de las decisiones interviene otro factor: la visión del futuro.

A lo largo y ancho del reino animal, todas las criaturas buscan una recompensa. ¿Qué es una recompensa? En esencia, algo que acerca el cuerpo a una situación ideal. El agua es una recompensa cuando su cuerpo se está deshidratando; la comida es una recompensa cuando se le está agotando la energía. El agua y la comida se denominan recompensas primarias, porque satisfacen directamente nuestras necesidades biológicas. De manera más general, sin embargo, el comportamiento humano está guiado por recompensas secundarias, cosas que presagian recompensas primarias. Por ejemplo, ver un rectángulo metálico no le diría gran cosa a su cerebro, pero como ha aprendido que simboliza una fuente, entonces distinguir ese signo es una recompensa cuando tiene sed. En el caso de los humanos, descubrimos que la recompensa puede residir incluso en conceptos muy abstractos, como saber que nuestra comunidad nos valora. Y contrariamente a los animales, a menudo ponemos estas recompensas por

encima de las necesidades biológicas. Tal como señala Read Montague, «los tiburones no se declaran en huelga de hambre»: el resto del reino animal caza únicamente para satisfacer sus necesidades básicas, mientras que sólo los humanos son capaces de colocarlas en un segundo plano y preferir un ideal abstracto. Así, cuando nos enfrentamos a una variedad de posibilidades, integramos los datos internos y externos para maximizar la recompensa, por definida que nos venga como individuos.

El reto que plantea cualquier recompensa, ya sea básica o abstracta, es que a menudo sus frutos no son inmediatos. Casi siempre tenemos que tomar decisiones en las que el camino escogido proporciona una recompensa posteriormente. La gente va a la universidad durante años porque valora el concepto futuro de sacarse un título, se matan a trabajar en un puesto que no les gusta por la futura esperanza de un ascenso y llevan a cabo dolorosos ejercicios físicos con la meta de estar en forma.

Comparar opciones diferentes significa asignar un valor a cada una en una moneda única –la de la recompensa anticipada– y luego escoger cuál tiene un valor mayor. Consideremos el siguiente escenario: dispongo de un poco de tiempo libre e intento decidir qué hacer. Tengo que comprar comestibles, pero también sé que necesito ir a un café y trabajar en la solicitud de una subvención para mi laboratorio, porque se acerca la fecha límite. También quiero pasar un rato con mi hijo en el parque. ¿Cómo me enfrento a este menú de opciones?

Naturalmente, sería fácil poder comparar directamente estas experiencias viviéndolas todas, y luego rebobinar y escoger mi camino basándome en cuál ha dado mejor resultado. Pero no puedo viajar en el tiempo.

¿O sí?

Viajar en el tiempo es algo que el cerebro humano hace sin cesar. Cuando nos enfrentamos a una decisión, nuestro cerebro simula resultados distintos para generar una ficción de cuál podría ser nuestro futuro. Mentalmente, podemos desconectar del momento actual y viajar a un mundo que todavía no existe.

Ahora bien, simular un escenario en mi mente no es más que el primer paso. Al decidir entre escenarios imaginados, intentó valorar cuál será la recompensa en esos posibles futuros. Cuando simulo llenar la despensa de comestibles, experimento una sensación de alivio por haberme organizado y evitado la incertidumbre. La subvención me produce otro tipo de

recompensa: no sólo tendré dinero para el laboratorio, sino que recibiré los elogios del director del departamento y me sentiré recompensado por haber progresado en mi carrera profesional. Imaginarme en el parque con mi hijo me inspira alegría y una sensación de recompensa en términos de proximidad familiar. Mi decisión final la alcanzaré valorando cada futuro en relación con los demás en la moneda única de mis sistemas de recompensa. La elección no es fácil, pues cada una de estas evaluaciones tiene muchos matices: la simulación de ir a comprar va acompañada de una sensación de tedio; el hecho de solicitar la subvención lleva aparejado cierta frustración; ir al parque provoca un sentimiento de culpa por no estar trabajando. Mi cerebro, habitualmente bajo el radar de la conciencia, simula todas las opciones al mismo tiempo y va comprobando qué reacción instintiva provoca cada una. Así es como decido.

¿Cómo simulo con precisión esos futuros? ¿Cómo puedo llegar a predecir qué me encontraré en cada uno de esos recorridos? La respuesta es que es imposible: no hay manera de saber si mis predicciones serán exactas. Toda mi simulación se basa tan sólo en mis experiencias anteriores y en mis modelos actuales de cómo funciona el mundo. Al igual que todos los componentes del reino animal, lo único que podemos hacer es ir por el mundo con la esperanza de descubrir al azar qué provoca una recompensa futura y qué no. En cambio, la labor fundamental del cerebro es predecir. Y, para hacerlo razonablemente bien, tenemos que seguir aprendiendo de cada una de nuestras experiencias. Así que, en este caso, otorgo un valor a cada una de esas opciones basándome en mis experiencias pasadas. Utilizando los estudios de Hollywood que tenemos en nuestra mente, viajamos en el tiempo hasta nuestros futuros imaginarios para ver qué valor les asignamos. Y así es como tomo mis decisiones, comparando futuros posibles. Así es como convierto opciones rivales en una moneda única de recompensa futura.

Consideremos el valor de la recompensa pronosticada para cada acción como una evaluación interna que indica lo buena que será cualquier cosa. Como ir a comprar me proporcionará comida, le otorgamos un valor de diez unidades de recompensa. Solicitar la subvención es difícil pero necesario para mi carrera, de manera que le concedo veinticinco unidades de recompensa. Me encanta pasar un rato con mi hijo, así que a ir al parque le concedo cincuenta unidades de recompensa.

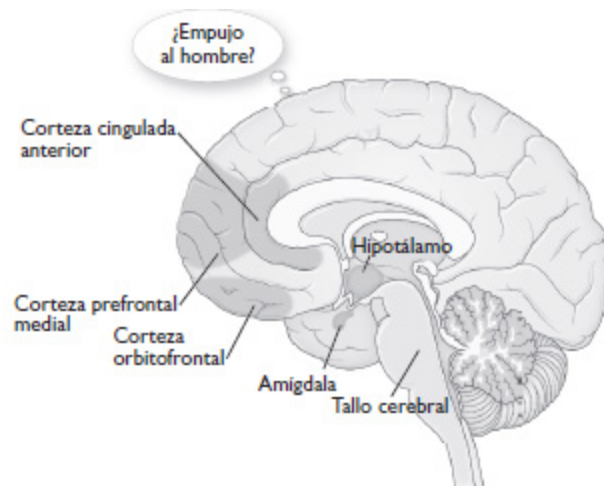
Pero aquí surge un detalle inesperado: el mundo es complicado, por lo que nuestras evaluaciones internas nunca se escriben con tinta permanente. La evaluación de todo lo que nos rodea es cambiante, porque muy a menudo nuestras predicciones no encajan con lo que ocurre en realidad. La clave de un aprendizaje eficaz reside en no perder de vista este *error de predicción*: la diferencia entre el resultado esperado de una elección y el resultado que ya ha ocurrido.

En el caso de hoy, mi cerebro cuenta con la predicción de la recompensa que supondría ir al parque. Si nos topamos con unos amigos y pasamos un rato aún mejor de lo que esperaba, eso aumenta la valoración que le daré a ir al parque la próxima vez que tome la decisión. Por otro lado, si los columpios están rotos y llueve, bajará mi valoración para la próxima vez.

¿Cómo funciona todo esto? En el cerebro existe un diminuto y antiguo sistema cuya misión es actualizar su valoración del mundo. Este sistema está compuesto de diminutos grupos de células de su cerebro medio que hablan el idioma de un neurotransmisor llamado dopamina.

Cuando sus expectativas y la realidad no coinciden, el sistema de dopamina del cerebro medio envía una señal que reevalúa el precio de mercado. Esta señal indica al resto del sistema si las cosas han resultado mejor de lo esperado (un aumento de la dopamina) o peor (una disminución de la dopamina). Esta señal de error de predicción permite que el resto del cerebro ajuste sus expectativas para, la próxima vez, procurar acercarse más a la realidad. La dopamina actúa como un corrector del error: es un tasador químico que siempre funciona para que sus valoraciones estén lo más actualizadas posible. De ese modo puede priorizar sus decisiones basándose en hipótesis optimizadas del futuro.

Fundamentalmente, el cerebro está afinado para detectar resultados inesperados, y esa sensibilidad es lo que explica la capacidad de los animales para adaptarse y aprender. No debe sorprendernos, por tanto, que la arquitectura cerebral que participa en el aprendizaje a partir de la experiencia sea más o menos la misma en todas las especies, desde las abejas hasta los humanos, lo que sugiere que el cerebro descubrió el principio básico de aprender a partir de la recompensa hace mucho tiempo.



Las neuronas que liberan dopamina y participan en la toma de decisiones se concentran en diminutas regiones del cerebro denominadas área tegmental ventral y sustancia negra. A pesar de su pequeño tamaño, poseen un amplio alcance, y transmiten actualizaciones cuando el valor pronosticado de una elección resulta ser demasiado alto o demasiado bajo.

© Dragonfly Media

EL PODER DEL AHORA

Hemos visto cómo a cada una de las diferentes opciones se le acaba asignando un valor. Pero hay otro detalle que a menudo se entromete en la toma de decisiones: las opciones que tenemos delante suelen tener un valor más alto que aquellas que simplemente simulamos. Lo que a veces nos impide tomar una buena decisión para el futuro es el presente.

En 2008, la economía de Estados Unidos sufrió una brusca recesión. En el meollo del problema encontramos el simple hecho de que mucha gente se había comprado una casa, endeudándose excesivamente. Habían pedido unos préstamos que ofrecían unos intereses increíblemente bajos durante un periodo de unos pocos años. El problema llegaba al final de ese periodo, cuando los intereses subían. Al enfrentarse a intereses más elevados, muchos propietarios eran incapaces de satisfacer los pagos. Cerca de un millón de hogares vieron ejecutadas sus hipotecas, lo que provocó una onda expansiva a través de la economía mundial.

¿Qué tuvo que ver este desastre con las redes que compiten en el cerebro? Esos préstamos subprime permitían a la gente conseguir de inmediato una bonita casa y no pagar intereses altos hasta más adelante. La

oferta apelaba clarísimamente a las redes neuronales que desean una gratificación instantánea, es decir, a esas redes que quieren las cosas sin dilación. Como la seducción de la satisfacción inmediata influye de manera tan intensa en nuestra toma de decisiones, la burbuja inmobiliaria se puede comprender no sólo como un fenómeno económico, sino también neuronal.

La atracción del ahora no afectaba tan sólo a la gente que pedía prestado, desde luego, sino también a los prestadores, que se hicieron ricos ipso facto ofreciendo préstamos que no se iban a pagar. Empaquetaron las hipotecas y las vendieron. Dichas prácticas no son éticas, pero la tentación resultó demasiado atractiva para muchos miles de personas.

La batalla del ahora contra el futuro no sólo afecta a las burbujas inmobiliarias, sino que atraviesa todos los aspectos de nuestras vidas. Por eso los vendedores de coches quieren que usted entre en el concesionario y se dé una vuelta con el vehículo que le gusta, por eso los vendedores de ropa quieren que se pruebe las prendas, y por eso los comerciantes quieren que toque la mercancía. La simulación mental siempre se ve superada por la experiencia del aquí y ahora.

Para el cerebro, el futuro sólo puede ser una pálida sombra del ahora. El poder del ahora explica por qué la gente toma decisiones que parecen una gran idea en el momento pero que tienen consecuencias desastrosas en el futuro: gente que consume alcohol o drogas aun cuando saben que no deberían; atletas que toman esteroides anabólicos aunque eso pueda acortar su vida; personas casadas que tienen una aventura si se presenta la oportunidad.

¿Podemos hacer algo contra la seducción del ahora? Gracias a los sistemas que compiten en el cerebro, sí podemos. Consideremos lo siguiente: todos sabemos lo difícil que es hacer ciertas cosas, como ir regularmente al gimnasio. Queremos estar en forma, pero cuando llega el momento siempre hay algo en perspectiva que nos apetece más. La atracción de lo que estamos haciendo es más fuerte que la idea abstracta de estar en forma del futuro. Pero aquí está la solución: para convencerse de ir al gimnasio, inspírese en un hombre que vivió hace tres mil años.

Este hombre vivió una situación más extrema que el ejemplo del gimnasio. Había algo que quería hacer, pero sabía que en cierto momento se le presentaría una tentación que no sería capaz de resistir. En su caso, no se trataba de mejorar su físico, sino de salvar la vida ante un grupo de doncellas poseedoras de un irresistible poder de fascinación.

Se trataba de Ulises, el héroe legendario, que volvía a casa tras haber ganado la guerra de Troya. En algún momento de su largo viaje de vuelta comprendió que su nave pronto pasaría por la isla donde vivían las hermosas sirenas, famosas porque entonaban unos cantos tan melodiosos que los marineros quedaban extasiados, y tan irresistibles les parecían aquellas mujeres que intentaban llegar hasta ellas y acababan estrellando sus naves contra las rocas.

Ulises anhelaba escuchar aquellos cantos legendarios, pero sin que eso supusiera su muerte ni la de su tripulación. Así que ideó un plan. Sabía que cuando escuchara la música sería incapaz de resistir la tentación de guiar su nave hacia las rocas de la isla. El problema no era el Ulises actual y racional, sino el Ulises futuro e ilógico, la persona en que se convertiría cuando el canto de las sirenas llegara a sus oídos. Así que ordenó a sus hombres que lo amarraran al mástil de la nave, se llenaran los oídos de cera para no oír a las sirenas, y no pararan de remar ni hicieran caso de sus súplicas y gritos por mucho que se revolviera.

Ulises sabía que su yo futuro sería incapaz de tomar una decisión sabia, de manera que el Ulises responsable lo dispuso todo para impedirse cometer un error. Este tipo de convenio entre el yo presente y el futuro se conoce como el contrato de Ulises.

En el caso de ir al gimnasio, mi sencillo contrato de Ulises consiste en quedar con un amigo en encontrarnos allí: la presión de mantener el contrato social me amarra al mástil. Cuando nos ponemos a buscar, vemos contratos de Ulises por todas partes. Pensemos en los alumnos universitarios que intercambian las contraseñas del Facebook durante la semana de exámenes finales; cada alumno cambia la contraseña del otro para que ninguno pueda conectarse hasta que acaben los exámenes. El primer paso para los alcohólicos que están en un programa de rehabilitación es deshacerse de todo el alcohol que tienen en casa a fin de no tener a mano la tentación cuando flaquea su fuerza de voluntad. La gente con problemas de peso a veces se somete a una reducción de estómago, lo que físicamente

les impide comer demasiado. En una versión distinta del contrato de Ulises, algunas personas elaboran un plan para enviar una donación económica a una obra «antibenéfica» en caso de incumplir una promesa. Por ejemplo, una mujer que durante toda su vida había luchado por la igualdad de derechos extendió un cheque por una gran suma a nombre del Ku Klux Klan, y dio orden estricta a un amigo de que mandara el cheque si fumaba otro cigarrillo.

En todos estos casos, la gente estructura las cosas en el presente para que su yo futuro no pueda portarse mal. Al amarrarnos al mástil podemos sortear la seducción del ahora. Es el truco que nos permite tener un comportamiento más acorde con la clase de persona que nos gustaría ser. La clave del contrato de Ulises consiste en reconocer que somos personas distintas en contextos distintos. Para mejorar las decisiones, no sólo es importante conocerse a uno mismo, sino a todos nuestros yos.

LOS MECANISMOS INVISIBLES DE LA TOMA DE DECISIONES

Conocerse a uno mismo es sólo una parte de la batalla: también tiene que saber que el resultado de sus batallas no será siempre el mismo. Incluso en ausencia de un contrato de Ulises, a veces le despertará más entusiasmo ir al gimnasio, y a veces menos. A veces es usted más capaz de tomar una buena decisión, y en otras su parlamento neuronal acaba emitiendo un voto que posteriormente lamentará. ¿Por qué? Porque el resultado depende de muchos factores cambiantes relacionados con el estado de su cuerpo, y esos estados cambian de una hora a otra. Por ejemplo: dos hombres que cumplen sentencia en una cárcel deben presentarse ante la junta de libertad condicional. Uno de los presos se presenta ante la junta a las 11.27. Ha sido condenado a treinta meses por un delito de fraude. El otro se presenta a las 13.15. Ha cometido el mismo delito y recibido la misma sentencia.

Al primer preso le niegan la libertad condicional, y al segundo se la conceden. ¿Por qué? ¿Qué ha influido en esa decisión? ¿La raza? ¿El aspecto? ¿La edad?

Un estudio de 2011 analizó mil sentencias dictadas por distintos jueces y descubrió que probablemente no se trataba de ninguno de esos factores, sino, en la mayoría de los casos, del hambre. Justo después de que la junta

de libertad condicional hubiera tenido un descanso para ir a comer, las posibilidades de que un preso obtuviera la libertad condicional llegaban a un punto máximo de 65 %. Pero si un prisionero aparecía hacia el final de una sesión, sus posibilidades caían hasta un mínimo de un 20 % de obtener un resultado favorable.

En otras palabras, las decisiones se someten a nuevas prioridades cuando otra necesidad se vuelve más importante. Las valoraciones cambian con las circunstancias. El destino de un preso está inextricablemente unido a las redes neuronales de los jueces, que operan según sus necesidades biológicas.

Algunos psicólogos describen este efecto como «agotamiento del ego», lo que significa que las áreas cognitivas de nivel superior que participan en la función ejecutiva y en la planificación (por ejemplo, la corteza prefrontal) están fatigadas. La fuerza de voluntad es un recurso limitado; cuando no nos queda mucha, es como cuando nos quedamos sin gasolina. En el caso de los jueces, cuantos más casos han de decidir (y en una sesión pueden llegar a treinta y cinco), más vacío de energía se queda su cerebro. Pero después de comer un sándwich y una fruta, sus reservas de energía vuelven a estar llenas, y otros impulsos adquieren más poder en su toma de decisión.

Tradicionalmente se ha creído que los seres humanos toman sus decisiones de manera racional: asimilan información, la procesan y dan con una solución o una respuesta óptima. Pero en realidad no funcionan así. Incluso los jueces, que procuran no someterse a ningún prejuicio, se ven limitados por su biología.

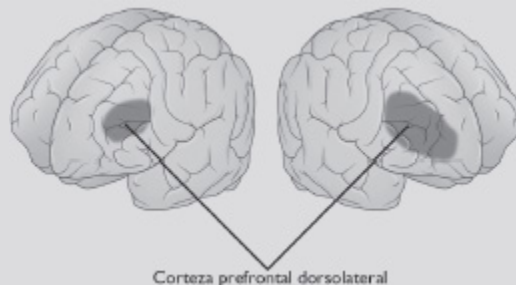
Nuestras decisiones se ven igualmente influidas cuando actuamos con nuestra pareja romántica. Consideremos la elección de la monogamia: establecer un vínculo con una sola pareja y permanecer con ella. Se diría que es una decisión en la que participa la cultura, los valores y los principios morales. Todo ello es cierto, pero existe una fuerza más profunda que influye en la toma de decisiones: las hormonas. Una en particular, llamada oxitocina. Es un ingrediente clave en la magia de ese vínculo. En un estudio reciente, a unos hombres que estaban enamorados de sus parejas femeninas se les dio una pequeña dosis de oxitocina extra. Luego se les pidió que valoraran el atractivo de diferentes mujeres. Con la oxitocina extra, los hombres encontraron más atractivas a sus parejas pero no a las

demás mujeres. De hecho, los hombres guardaron un poco más las distancias con respecto a una atractiva investigadora que participaba en el estudio. La oxitocina aumentó el vínculo con su pareja.

LA FUERZA DE VOLUNTAD, UN RECURSO LIMITADO

Gastamos mucha energía convenciéndonos de tomar decisiones que creemos que nos convienen. Para no apartarnos del camino recto, a menudo recurrimos a la fuerza de voluntad: ese poder interior que nos permite no aceptar esa galleta (o al menos la segunda galleta) o trabajar para entregar algo antes de la fecha límite cuando preferiríamos irnos a tomar el sol. Todos sabemos lo que se siente cuando se nos agota la fuerza de voluntad: después de un largo y duro día en el trabajo, la gente se descubre tomando malas decisiones; por ejemplo, comiendo mucho más de lo que pretendían o viendo la televisión en lugar de hacer un esfuerzo para cumplir una fecha de entrega.

El psicólogo Roy Baumeister y sus colegas pusieron a prueba esta cuestión. Invitaron a algunas personas a ver una película triste. A la mitad les indicaron que reaccionaran como harían normalmente, y a los demás les dijeron que reprimieran sus emociones. Después de la película, les entregaron un ejercitador de manos y les pidieron que lo apretaran todo el tiempo que pudieran. Aquellos que habían reprimido sus emociones duraron menos. ¿Por qué? Porque el autocontrol requiere energía, lo que significa que disponemos de menos energía para lo que vamos a hacer después. Y por eso resistir una tentación, tomar decisiones difíciles o llevar la iniciativa son actividades que parecen proceder del mismo pozo de energía. Así pues, la fuerza de voluntad no es algo que podamos ejercitar, es algo que se nos agota.



Corteza prefrontal dorsolateral

¿Por qué poseemos sustancias químicas como la oxitocina que impulsan nuestro vínculo con una sola pareja? Después de todo, desde una perspectiva evolutiva, sería de esperar que un varón no deseara la monogamia si su mandato biológico consiste en propagar sus genes lo más ampliamente posible. Pero, para la supervivencia de los hijos, contar con la presencia de dos progenitores es mejor que tener uno solo. Este simple hecho es tan importante que el cerebro posee maneras ocultas de influir en las decisiones que tome en este aspecto.

DECISIONES Y SOCIEDAD

Una mejor comprensión de la toma de decisiones abre la puerta a una mejor política social. Por ejemplo, cada uno de nosotros, a nuestra manera, se esfuerza por controlar los impulsos. En un extremo, podemos acabar siendo esclavos de nuestros impulsos inmediatos. Desde esta perspectiva, podemos comprender de una manera mucho más matizada campañas sociales como la guerra contra la droga.

La adicción a las drogas es un problema social que viene de antiguo y que tiene como consecuencias el aumento de la delincuencia, la disminución de la productividad, la enfermedad mental, la transmisión de enfermedades y, en fecha más reciente, un gran aumento de la población penitenciaria. A casi siete de cada diez reclusos se les puede calificar de drogodependientes o consumidores de drogas. En un estudio se encontró que el 35,6 % de los presos estaban bajo la influencia de las drogas en el momento de cometer el delito. El abuso de las drogas se traduce en muchas decenas de miles de millones de dólares, casi todos en delitos relacionados con las drogas.

La mayoría de los países se enfrentan al problema de la drogadicción criminalizándola. Hace unas décadas, 38.000 estadounidenses estaban en la cárcel por delitos relacionados con las drogas. Hoy en día la cifra es de medio millón. A primera vista, se podría considerar que la guerra contra las drogas ha sido un éxito, pero lo cierto es que esta reclusión en masa no ha disminuido el tráfico. Ello es debido a que, en su mayor parte, las personas que están entre rejas no son los jefes del cártel, ni los capos de la mafia, ni los grandes traficantes, sino personas que están encerradas por posesión de

una pequeña cantidad, por lo general menos de dos gramos. Son los consumidores. Los adictos. Ir a la cárcel no resuelve su problema; de hecho, por lo general lo empeora.

El número de presos por delitos relacionados con la droga en Estados Unidos es mayor que el de todos los reclusos de la Unión Europea. El problema es que el encarcelamiento pone en marcha un ciclo caro y vicioso de recaída y de regreso a la cárcel. Rompe los círculos sociales existentes y las oportunidades de empleo de cada preso, y les ofrece nuevos círculos sociales y nuevas oportunidades de empleo que habitualmente alimentan su adicción.

Cada año Estados Unidos gasta veinte mil millones de dólares en la guerra contra las drogas; globalmente, la cifra total es de cien mil millones de dólares. Pero la inversión no ha funcionado. Desde que empezó esa guerra, el consumo de drogas se ha expandido. ¿Por qué tanto gasto no ha dado ningún fruto? El problema de la oferta de droga es que es como un globo de agua: si lo aprietas por un lado, el volumen que reduces aparece por otro. En lugar de atacar la oferta, la mejor estrategia es abordar la demanda. Y la demanda de droga está en el cerebro del adicto.

Hay quien argumenta que la adicción a las drogas está relacionada con la pobreza y la presión del entorno. Sin duda eso influye, pero el meollo de la cuestión se encuentra en la biología del cerebro. En los experimentos de laboratorio, las ratas se autoadministran drogas accionando continuamente la palanca a expensas de la comida y la bebida. Las ratas no actúan así por una cuestión económica o por coacción social. Lo hacen porque las drogas alimentan el circuito de recompensa del cerebro. Las drogas le dicen al cerebro que esa decisión es mejor que todo lo demás que podría estar haciendo. Puede que otras redes cerebrales participen en la batalla en representación de todas las razones existentes para resistirse a la droga. En un adicto siempre gana la red de la apetencia. La mayor parte de los drogadictos quieren dejarlo, pero se ven incapaces. Acaban siendo esclavos de sus impulsos.

Como el problema de la drogadicción reside en el cerebro, es posible que la solución también esté ahí. Un enfoque consiste en inclinar la balanza del control de los impulsos, algo que pueda alcanzarse aumentando la certidumbre y rapidez del castigo –por ejemplo, exigiendo a quienes han cometido un delito relacionado con las drogas que se sometan a un análisis

de drogas dos veces por semana, y que si da positivo vayan a la cárcel de manera automática e inmediata—, con lo que la pena ya no es sólo una abstracción lejana. De manera parecida, algunos economistas afirman que el descenso de la delincuencia en Estados Unidos desde principios de la década de 1990 se debió, en parte, al aumento de la presencia policial en las calles. En el lenguaje del cerebro, la visibilidad policial estimula las redes que sopesan las consecuencias a largo plazo.

En mi laboratorio trabajamos con otro enfoque que podría ser efectivo. Proporcionamos un feedback en tiempo real durante la producción de imágenes cerebrales, permitiendo que el adicto a la cocaína vea la actividad de su propio cerebro y aprenda a regularla.

Uno de nuestros participantes es Karen, una mujer inteligente y animosa que a los cincuenta años conserva una energía juvenil. Es adicta al *crack* desde hace más de dos décadas, y afirma que la droga ha destruido su vida. Si tiene droga a su alcance, no le queda más remedio que consumirla. En los experimentos que estamos llevando a cabo en mi laboratorio, sometemos a Karen a un escáner cerebral (imagen por resonancia magnética funcional o IRMf). Le enseñamos fotos de *crack* y le pedimos que desee consumirlo. Eso no le supone ninguna dificultad, y activa regiones de su cerebro que englobamos bajo el nombre de red de la adicción. Entonces le pedimos que suprima el deseo de consumirlo. Le pedimos que considere el coste que ha tenido para ella el consumo de *crack*: para su bolsillo, para sus relaciones sociales y para su trabajo. Eso activa un grupo distinto de áreas cerebrales que englobamos bajo el nombre de red de supresión. Las redes de adicción y de supresión siempre combaten entre sí por la supremacía, y la que gana en un momento determinado decide la actitud de Karen cuando le ofrecen *crack*.

Utilizando las rápidas técnicas computacionales del escáner, podemos medir qué red está ganando: la de la adicción, que piensa a corto plazo, o la de supresión o control del impulso, que piensa a largo plazo. Le presentamos a Karen un feedback visual a tiempo real: se trata de un indicador de velocidad que le muestra cómo va la batalla. Cuando vence la adicción, la aguja se sitúa en la zona roja; cuando consigue suprimirla, la aguja pasa a la zona azul. Entonces ella puede utilizar diferentes enfoques para descubrir qué inclina la balanza de esas redes.

Con una práctica reiterada, Karen consigue comprender mejor qué

necesita hacer para desplazar la aguja. Puede que sea plenamente consciente o no de lo que hace, pero mediante la práctica repetida puede reforzar el circuito neuronal que le permite suprimir el deseo de la droga. Esta técnica todavía está dando sus primeros pasos, pero esperamos que la próxima vez que le ofrezcan *crack* Karen posea las herramientas cognitivas para superar su apetencia inmediata si lo desea. Este ejercicio no obliga a Karen a comportarse de ninguna manera especial; simplemente le proporciona la capacidad cognitiva de ejercer un mayor control sobre su elección en lugar de ser esclava de sus impulsos.

La drogadicción es un problema para millones de personas, pero la cárcel no es el lugar adecuado para resolverlo. Si conseguimos comprender cómo toma las decisiones el cerebro humano, podremos desarrollar un nuevo enfoque que llegue más allá del castigo. A medida que vamos entendiendo las operaciones que ocurren dentro de nuestros cerebros, podemos conseguir que nuestro comportamiento obedezca a nuestras mejores intenciones.

De manera más general, una mejor comprensión de la toma de decisiones puede mejorar aspectos de nuestro sistema de justicia penal, introduciendo políticas más humanas y económicas. ¿Cuáles podrían ser estas políticas? Habría que empezar poniendo más énfasis en la rehabilitación y menos en el encarcelamiento masivo. Puede que esto parezca ilusorio, pero lo cierto es que este enfoque ya se ha aplicado en algunos lugares con gran éxito. Uno de ellos es el Centro de Tratamiento Juvenil Mendota, en Madison, Wisconsin.

Muchos de los jóvenes que hay en Mendota, cuyas edades oscilan entre los doce y los diecisiete años, han cometido delitos que les harían merecedores de una sentencia de cadena perpetua. En Mendota, en cambio, les dan derecho a ingresar en el centro. Para muchos de esos muchachos es su última oportunidad. El programa comenzó a principios de la década de 1990 con el fin de ofrecer un nuevo enfoque a la hora de trabajar con jóvenes que el sistema había dado ya por imposibles. El programa presta atención especial a su cerebro joven y en desarrollo. Como vimos en el capítulo 1, cuando la corteza prefrontal no está plenamente desarrollada, las decisiones a menudo se toman de manera impulsiva, sin haber sopesado las consecuencias futuras. En Mendota, este punto de vista es uno de los enfoques de la rehabilitación. Para ayudar a los niños a mejorar su

autocontrol, el programa proporciona un sistema de mentores, orientación y recompensa. Una técnica importante es aleccionarlos para que se paren a pensar en el resultado futuro de cualquier decisión que puedan tomar – alentarlos a simular qué podría ocurrir–, reforzando así las conexiones nerviosas que pueden rechazar la gratificación inmediata de los impulsos.

El escaso control de los impulsos es una característica distintiva de casi todos los delincuentes que están en el sistema carcelario. Muchas personas que viven al otro lado de la ley generalmente conocen la diferencia entre el bien y el mal, y comprenden la amenaza del castigo, pero su personalidad se ve lastrada por un escaso control de los impulsos. Ven a una anciana que lleva un bolso caro y no se paran a considerar otra opción que no sea aprovechar la oportunidad. La tentación del ahora anula cualquier consideración del futuro.

Mientras nuestra idea actual del castigo se basa en la voluntad personal y la culpa, Mendota experimenta con algunas alternativas. Aunque la sociedad posee un instinto de castigar profundamente arraigado, podríamos imaginar un sistema de justicia penal diferente, que mantenga una relación más estrecha con la neurociencia de las decisiones. Dicho sistema legal tampoco permitiría que nadie saliera impune, pero abordaría las infracciones de la ley pensando más en el futuro del infractor que en darlo por imposible a causa de su pasado. Aquellos que rompen el contrato social no pueden estar en la calle, pues ponen en peligro la seguridad de los demás, pero lo que ocurre en la cárcel no tiene que basarse tan sólo en la sed de venganza, sino también en una rehabilitación significativa de base empírica.

La toma de decisiones reside en el meollo de todo: quiénes somos, qué hacemos y cómo percibimos el mundo que nos rodea. Sin la capacidad de sopesar alternativas, seríamos rehenes de nuestros impulsos más básicos. No seríamos capaces de manejarnos con previsión en el ahora ni de planear nuestras vidas futuras. Aunque poseamos una sola identidad, no tenemos una sola mente, sino que somos un grupo de muchos impulsos en conflicto. Pero si comprendemos cómo combaten en el cerebro las distintas opciones, podemos aprender a tomar mejores decisiones para nosotros y para la sociedad.

5. ¿Le necesito?

¿Qué necesita su cerebro para funcionar normalmente? Aparte de los nutrientes de la comida, aparte del oxígeno que respira, aparte del agua que bebe, hay algo más, algo igualmente importante: necesita a los demás. La actividad de un cerebro normal se basa en la red social que nos rodea. Nuestras neuronas requieren las neuronas de los demás para desarrollarse y sobrevivir.

LA MITAD DE NOSOTROS SOMOS LOS DEMÁS

Más de siete mil millones de cerebros humanos se pasean hoy en día por el planeta. Aunque solemos sentirnos seres independientes, cada uno de nuestros cerebros actúa dentro de una rica red de interacciones con los demás, de manera que podemos considerar los logros de nuestra especie la obra de un solo megaorganismo en constante transformación.

Tradicionalmente, el cerebro se ha estudiado de manera aislada, pero este enfoque pasa por alto el hecho de que una gran parte de los circuitos cerebrales tienen que ver con otros cerebros. Somos criaturas profundamente sociales. A partir de nuestras familias, amigos, compañeros de trabajo y socios comerciales, nuestra sociedad se construye a base de capas de complejas interacciones sociales. Constantemente vemos a nuestro alrededor relaciones que se forman y se rompen, vínculos familiares, unas redes sociales obsesivas y una compulsiva construcción de alianzas.

Todo este pegamento social se genera gracias a un circuito específico del cerebro: extensas redes que observan a los demás, se comunican con ellos, sienten su dolor, juzgan sus intenciones y leen sus emociones. Nuestras habilidades sociales están profundamente arraigadas en nuestro circuito neuronal, y comprender ese circuito es la base de esa especialidad todavía joven que denominamos neurociencia social.

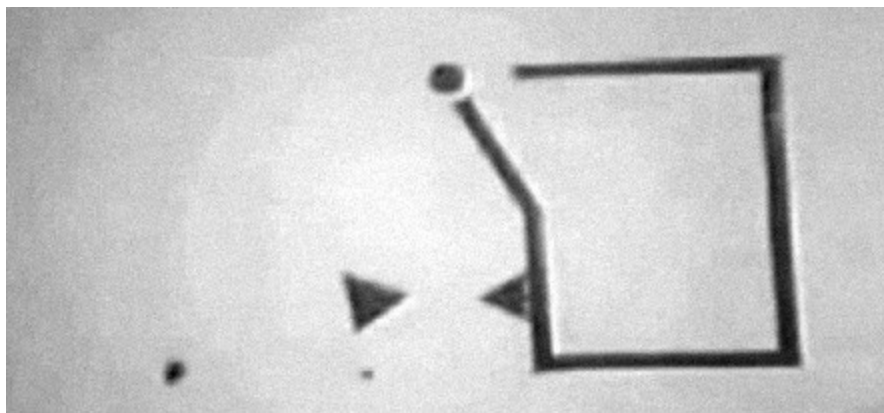
Detengámonos un momento en considerar lo diferentes que son los siguientes objetos: conejitos, trenes, monstruos, aviones y juguetes infantiles. Aunque son muy diferentes, todos pueden ser los personajes principales de unas populares películas de animación, y no nos cuesta nada asignarles intenciones distintas. El cerebro de un espectador necesita muy pocas pistas para asumir que esos personajes son como nosotros, y por ello podemos reírnos y llorar con sus travesuras.

Esta afición a asignar intenciones a personajes no humanos la pusieron de relieve en 1944 los psicólogos Fritz Heider y Marianne Simmel en un cortometraje. Dos figuras sencillas, un triángulo y un círculo, se encuentran y comienzan a dar vueltas uno alrededor del otro. Al cabo de un momento

aparece en escena un triángulo más grande. Choca contra el triángulo más pequeño y lo empuja. El círculo entra lentamente dentro de una estructura rectangular y la cierra; mientras tanto, el triángulo más grande persigue al pequeño. Entonces el triángulo grande llega ante la puerta de la estructura con aire amenazante. El triángulo abre la puerta y entra persiguiendo al círculo, que de manera frenética (e infructuosa) busca otro camino para huir. Justo en el momento en que la situación se pone más fea, el triángulo pequeño regresa. Abre la puerta y el círculo se lanza hacia él. Juntos cierran la puerta y dejan atrapado al triángulo grande. Al ver que no puede salir, éste choca contra las paredes de la estructura. Fuera, el triángulo pequeño y el círculo vuelven a dar vueltas uno alrededor del otro.

Cuando a las personas que observaban este cortometraje les pedían que escribieran lo que veían, quizá sería de esperar que describieran formas sencillas que se movían de un lado a otro. Al fin y al cabo, no son más que un círculo y dos triángulos que cambian de coordenadas.

Pero no era eso lo que decían los espectadores. Describían una historia de amor, una lucha, una persecución, una victoria. Heider y Simmel utilizaron esta película de animación para demostrar que siempre estamos prestos a percibir una intención social en todo lo que nos rodea. Lo que ven nuestros ojos son formas en movimiento, pero les asignamos significado, motivaciones y emoción, todo ello en forma de una narrativa social. No podemos evitar encajarlos en una historia. Desde tiempos inmemoriales, la gente ha observado el vuelo de los pájaros, el movimiento de las estrellas, el mecerse de los árboles, y ha inventado historias acerca de todo eso, interpretándolo como si obedeciera a una intención.



La gente no puede resistir la tentación de imponer una narrativa a esas formas que se mueven.

© Fritz Heider and Marianne Simmel, 1944

Este tipo de relato no es ninguna anomalía; es un elemento importante del circuito cerebral. Descubre hasta qué punto nuestros cerebros están preactivados para la interacción social. Después de todo, nuestra supervivencia depende de que evaluemos en un abrir y cerrar de ojos quién es amigo y quién enemigo. Nos movemos por el mundo social juzgando las intenciones de los demás. ¿Intenta ayudarme esa persona? ¿Debo preocuparme por ella? ¿Actúa pensando en mí?

Nuestros cerebros emiten juicios sociales constantemente. Pero ¿es algo que aprendemos de la experiencia cotidiana o nacemos con ello? Para averiguarlo, podemos investigar si los bebés ya lo poseen. Para reproducir un experimento de los psicólogos Kiley Hamlin, Karen Wynn y Paul Bloom de la Universidad de Yale, invité a algunos bebés, de uno en uno, a un espectáculo de marionetas.

Todos tenían menos de un año, y apenas comenzaban a explorar el mundo que les rodeaba. No tenían una gran experiencia vital. Estaban sentados en el regazo de sus madres para ver el espectáculo. Cuando se abre el telón, un pato se esfuerza por abrir una caja en la que hay juguetes. El pato trata de abrir la tapa, pero no puede sujetarla bien. Dos osos vestidos con camisetas de diferentes colores lo observan.

Al cabo de unos momentos, uno de los osos ayuda al pato: coge la caja por un lado e intenta levantar la tapa. Por un instante se abrazan, y enseguida la tapa vuelve a cerrarse.

Entonces el pato intenta abrir la tapa otra vez. El otro oso, que también está mirando, se lanza sobre la tapa e impide que el pato consiga su objetivo.

En eso consiste todo el espectáculo. Se trata, en resumen, de un argumento sin palabras, en el que un oso ha ayudado a un pato y otro oso ha sido malo.

Cuando cae el telón y luego vuelve a abrirse, cojo los dos osos y los llevo al bebé que ha estado viendo el espectáculo. Levanto los dos osos y le pido al niño que escoja uno para jugar. Lo extraordinario, tal como ya descubrieron los investigadores de Yale, es que casi todos los bebés escogen

el oso que fue amable. Son niños que todavía no saben caminar ni hablar, pero ya poseen las herramientas para juzgar a los demás.

A menudo suponemos que la confianza es algo que aprendemos a evaluar basándonos en años de experiencia en el mundo. Pero un experimento sencillo como éste demuestra que ya de bebés estamos equipados con antenas sociales para movernos por el mundo. El cerebro posee instintos innatos para detectar quién es de fiar y quién no.

LAS SEÑALES SUTILES QUE NOS RODEAN

A medida que nos hacemos mayores, nuestros retos sociales se vuelven más sutiles y complejos. Aparte de las palabras y los gestos, hemos de interpretar la inflexión, las expresiones faciales y el lenguaje corporal. Mientras nos concentramos de manera consciente en nuestra conversación, nuestra maquinaria cerebral procesa sin cesar una información compleja. Las operaciones son tan instintivas que en esencia resultan invisibles.

A menudo la mejor manera de apreciar algo es ver cómo sería el mundo en su ausencia. En el caso de un hombre llamado John Robison, la actividad normal del cerebro social durante sus años de formación fue algo que le resultó totalmente desconocido. Los demás niños se metían con él y lo rechazaban, pero él se enamoró de las máquinas. Tal como él lo describe, podía pasarse mucho tiempo con un tractor sin que éste se metiera con él. «Supongo que aprendí a hacerme amigo de las máquinas antes de hacerme amigo de otros niños», dice.

Con el tiempo, la afinidad de John con la tecnología le llevó a lugares inimaginables para los compañeros que se metían con él. A los veintiún años era *roadie* del grupo KISS. No obstante, incluso cuando estaba rodeado de los legendarios excesos del rock and roll, su punto de vista seguía siendo diferente del de los demás. Cuando la gente le preguntaba por los distintos músicos y qué aspecto tenían, John respondía que habían utilizado un Sunn Coliseum con siete amplificadores base en cadena. Explicaba que había 2.200 vatios en el sistema de graves, y era capaz de nombrar los amplificadores y cuáles eran las frecuencias de cruce. Pero no podía decir nada de los músicos que los habían utilizado. Vivía en un mundo de tecnología y equipos electrónicos. John había cumplido ya los

cuarenta cuando le diagnosticaron el síndrome de Asperger, una forma de autismo.

EL AUTISMO

El autismo es una discapacidad cognitiva que afecta al 1% de la población. Aunque ha quedado demostrado que obedece a causas tanto genéticas como ambientales, el número de individuos a los que se ha diagnosticado autismo ha aumentado en los últimos años sin que exista prácticamente nada que explique ese aumento. En las personas no afectadas por el autismo, muchas regiones del cerebro participan en la búsqueda de pistas sociales acerca de los sentimientos y pensamientos de los demás. En el autismo, esta actividad cerebral es menos intensa, y al mismo tiempo hay una mengua de habilidades sociales.

Entonces ocurrió algo que transformó la vida de John. En 2008 le invitaron a participar en un experimento en la Facultad de Medicina de Harvard. Un equipo liderado por el doctor Alvaro Pascual-Leone utilizaba la estimulación magnética transcraneal (EMT) para evaluar cómo la actividad de una zona del cerebro afectaba a la actividad de otra. La EMT emite un fuerte pulso magnético cerca de la cabeza, que a su vez induce una pequeña corriente eléctrica en el cerebro, la cual temporalmente interrumpe la actividad cerebral local. El experimento pretendía ayudar a los investigadores a saber algo más del cerebro autista. El equipo dirigió la EMT a diferentes regiones del cerebro de John que participaban en la función cognitiva de orden superior. Al principio John afirmó que la estimulación no surtía ningún efecto. En una de las sesiones los investigadores aplicaron la EMT a la corteza prefrontal dorsolateral, una parte del cerebro evolutivamente reciente que participa en el pensamiento flexible y la abstracción. Entonces John dijo que había notado algo distinto.

John llamó al doctor Pascual-Leone para hacerle saber que el efecto de la estimulación parecía haber «desbloqueado» algo en él. Añadió que el efecto había perdurado una vez terminado el experimento, y que aquello le había abierto una nueva ventana al mundo social. Antes simplemente no se daba cuenta de que las expresiones faciales de los demás transmitían mensajes,

pero después del experimento veía esos mensajes. Para John, su experiencia del mundo había cambiado. Pascual-Leone se mostró escéptico. Creía que si los efectos eran reales no podían ser persistentes, puesto que los efectos de la EMT solían durar entre unos pocos minutos y horas. Ahora bien, aunque Pascual-Leone no acababa de entender lo que ocurría, aceptó que la estimulación había operado un cambio fundamental en John.

En el ámbito social, John dejó de ver el mundo en blanco y negro para experimentarlo a todo color. Ahora distingue un canal de comunicación que nunca había podido detectar. La historia de John no sólo tiene que ver con la esperanza de encontrar nuevas técnicas de tratamiento para los trastornos del espectro autista. Revela la importancia de la máquina inconsciente que hay debajo del cráneo, dedicada a la relación social en todo momento de nuestras vidas: el circuito cerebral que continuamente decodifica las emociones de los demás, basadas en sutiles pistas faciales, auditivas y de los demás sentidos.

«Sabía que la gente podía mostrar signos de furia desatada», dice. «Pero si me preguntaban por expresiones más sutiles, como “Creo que es un encanto” o “Me pregunto qué ocultas” o “De verdad me gustaría hacer eso” o “Me gustaría que hicieras esto”, la verdad es que no tenía ni idea.»

En todo momento de nuestras vidas, nuestro circuito cerebral decodifica las emociones de los demás basándose en pistas faciales extremadamente sutiles. Para comprender mejor cómo leemos las caras de manera tan rápida y automática, invité a un grupo de personas a mi laboratorio. Les colocamos dos electrodos en la cara –uno en la frente y otro en la mejilla para medir sus cambios de expresión, y a continuación les hicimos observar fotos de caras.

Cuando los participantes veían una foto que mostraba, por ejemplo, una sonrisa o una cara ceñuda, podíamos medir breves periodos de actividad eléctrica que indicaban que sus músculos faciales se movían, a menudo de una manera muy sutil. Ello se debe a algo llamado efecto espejo: de manera automática utilizaban sus propios músculos faciales para copiar las expresiones que veían. Una sonrisa se reflejaba en otra sonrisa, aun cuando el movimiento de los músculos fuera demasiado imperceptible para verse. Sin querer, las personas se imitan.

El efecto espejo arroja luz sobre un extraño hecho: las parejas que llevan casadas mucho tiempo en determinado momento comienzan a parecerse, y cuanto más tiempo llevan casadas, más se parecen. Las investigaciones

sugieren que esto no se debe simplemente a que adoptan el mismo estilo de vestir o de peinado, sino a que llevan tantos años siendo el espejo de la otra cara que los dibujos que forman sus arrugas comienzan a parecerse.

¿Por qué reflejamos a los demás? ¿Qué sentido tiene? Para averiguarlo, invité a un segundo grupo de personas al laboratorio; parecido al primero excepto en una cosa: este nuevo grupo había estado expuesto a la toxina más letal del planeta. Aunque sólo se ingieran unas pocas gotas de esta neurotoxina, el cerebro ya no consigue dar la orden a los músculos para que se contraigan, y se produce la muerte por parálisis (en concreto, el diafragma es incapaz de moverse y provoca la asfixia). En estas circunstancias, parece improbable que la gente pague para que le inyecten esa toxina. Pero ocurre. La toxina se llama botulina, deriva de una bacteria y habitualmente se comercializa con el nombre de bótox. Cuando se inyecta en los músculos faciales, los paraliza y reduce la formación de arrugas.

Sin embargo, más allá de los beneficios cosméticos, el bótox posee un efecto secundario menos conocido. Les mostramos la misma serie de fotos a las personas que se habían inyectado bótox. Sus músculos faciales mostraron un efecto espejo menor en nuestro electromiograma. Hasta aquí, ninguna sorpresa: sus músculos se habían debilitado a propósito. La sorpresa fue otra, un fenómeno originariamente descrito en 2011 por David Neal y Tanya Chartrand. De manera análoga a su experimento original, les pedí a los participantes de ambos grupos (bótox y no-bótox) que observaran caras expresivas y escogieran cuál de las cuatro palabras describía mejor la emoción que mostraban.

De media, las personas con bótox tenían más dificultades a la hora de identificar correctamente las emociones de las fotos. ¿Por qué? Una hipótesis sugiere que la falta de retroalimentación de sus músculos faciales reduce su capacidad de leer las caras de los demás. Todos sabemos que a las personas que utilizan bótox, al tener una cara con menos movilidad, les cuesta revelar lo que sienten; la sorpresa es que esos mismos músculos paralizados dificulten su lectura de las caras ajenas.

abatido

aliviado



tímido

excitado

En el test de «Lectura de la mente en los ojos» (Baron-Cohen et al., 2001), a los participantes se les muestran treinta y seis fotografías de expresiones faciales, cada una acompañada de cuatro palabras.

© Simon Baron-Cohen et al.

Este resultado se puede interpretar de la siguiente manera: mis músculos faciales reflejan lo que siento, y su maquinaria neuronal se aprovecha de ello. Cuando usted intenta comprender lo que yo siento, se prueba mi expresión facial. No lo hace a propósito –ocurre de manera inmediata e inconsciente–, pero ese reflejo automático de mi expresión le proporciona un rápido tanteo de lo que probablemente yo esté sintiendo. Mediante ese magnífico truco, su cerebro me comprende mejor y lleva a cabo predicciones más acertadas acerca de lo que voy a hacer. En realidad, no es más que otro truco entre muchos.

LAS ALEGRÍAS Y PENAS DE LA EMPATÍA

Vamos al cine para evadirnos a mundos de amor y desengaño, miedo y aventura. Pero los héroes y villanos no son más que actores proyectados en una pantalla de dos dimensiones. ¿Por qué, entonces, nos importa tanto lo que les ocurre a esos fugaces fantasmas? ¿Por qué las películas nos hacen llorar, reír, tener el alma en vilo?

Para comprender por qué le afecta lo que les ocurre a los actores, comencemos con lo que sucede en su cerebro cuando siente dolor. Imagine que alguien le clava en la mano la aguja de una jeringuilla. Ese dolor no se procesa en un solo lugar del cerebro, sino que activa diversas áreas distintas que actúan de común acuerdo. A esta red se la denomina matriz del dolor.

La parte sorprendente viene ahora: la matriz del dolor es fundamental

para conectar con los demás. Si vemos que apuñalan a otra persona, casi toda la matriz del dolor se activa. No aquellas áreas que nos indican que nos han herido, sino las partes que intervienen en la experiencia emocional del dolor. En otras palabras, utilizamos la misma maquinaria neuronal para ver el dolor en otra persona que para sentir nuestro propio dolor. Ésta es la base de la empatía.

Empatizar con otra persona consiste, literalmente, en sentir su dolor. Llevamos a cabo una convincente simulación de lo que sentiríamos si nos encontráramos en esa situación. El que poseamos esta capacidad explica por qué las historias —las películas y las novelas— resultan tan absorbentes y convincentes en todas las culturas humanas. Aunque las protagonicen completos desconocidos o personajes inventados, experimentamos su sufrimiento y su éxtasis. Fácilmente nos convertimos en ellos, vivimos sus vidas y vemos las cosas desde su punto de vista. Cuando vemos sufrir a otra persona, podemos intentar convencernos de que es su problema, no el nuestro, pero las neuronas que hay en las profundidades de nuestro cerebro no aprecian la diferencia.

Esta facilidad intrínseca para sentir el dolor de otra persona forma parte de la capacidad que tenemos para salir de nuestra propia piel y ponernos en la de los demás, neuronalmente hablando. Pero, para empezar, ¿por qué tenemos esta facilidad? Desde el punto de vista evolutivo, la empatía es una habilidad útil: cuanto mejor comprendemos lo que siente otra persona, más atinadamente podemos predecir lo que va a hacer.

No obstante, la fiabilidad de la empatía es limitada, y en muchos casos simplemente nos proyectamos en los demás. Tomemos el ejemplo de Susan Smith, una madre de Carolina del Sur que en 1994 se ganó la empatía del país cuando denunció a la policía que un hombre le había robado el coche con sus hijos dentro. Durante nueve días estuvo suplicando en la televisión nacional que rescataran a sus hijos y se los devolvieran. Desconocidos de todo el país le ofrecieron ayuda y apoyo. Finalmente, Susan Smith confesó que había asesinado a sus hijos. Todo el mundo se había creído la historia de que le habían robado el coche con los hijos dentro, pues lo que había ocurrido en realidad quedaba fuera del ámbito de las predicciones normales. Aunque vistos en retrospectiva los pormenores de su caso resultaban bastante evidentes, fue difícil darse cuenta en el momento, porque lo más

habitual es que interpretemos a los demás desde la perspectiva de quiénes somos y de qué somos capaces.

No podemos evitar imitar a los demás, conectar con los demás, preocuparnos por los demás, porque estamos programados para ser criaturas sociales. Eso suscita una pregunta. ¿Dependen nuestros cerebros de la interacción social? ¿Qué ocurriría si el cerebro se viera privado del contacto humano?

En 2009, Sarah Shourd, pacifista militante, y sus dos compañeros se hallaban de excursión por las montañas del norte de Irak, una zona que en aquella época estaba en paz. Siguiendo las recomendaciones de la gente de la zona, fueron a ver la cascada de Ahmed Awa. Por desgracia, la cascada se encontraba en la frontera con Irán. Los guardias fronterizos iraníes los arrestaron acusándolos de ser espías americanos. A los dos hombres los encerraron en la misma celda, pero a Sarah la separaron y quedó incomunicada. A excepción de dos periodos de treinta minutos cada día, pasó los siguientes cuatrocientos diez días en una celda de aislamiento.

En palabras de Sarah:

En las primeras semanas y meses de aislamiento quedas reducida a un estado casi animal. Me refiero a que no eres más que un animal en una jaula, y pasas casi todas las horas dando vueltas por la celda. Y ese estado casi animal con el tiempo se transforma en un estado casi vegetal: tu mente comienza a ir más lenta y tus pensamientos se vuelven repetitivos. Tu cerebro se encierra en sí mismo y se convierte en la fuente de tu peor dolor y tu peor tortura. Revives cada momento de tu vida, y al final se te agotan los recuerdos. Te los has contado demasiadas veces. Y no tardas mucho en agotarlos.

La ausencia de vida social de Sarah le provocó un profundo dolor psicológico. La incomunicación carcelaria es ilegal en muchas jurisdicciones precisamente porque los observadores son conscientes desde hace mucho del daño que provoca verse privado de uno de los aspectos más vitales de la vida humana: la interacción con los demás. Privada de todo contacto con el mundo, Sarah rápidamente entró en un estado alucinatorio:

En cierto momento del día, el sol entraba inclinado por mi ventana. Todas las diminutas partículas de polvo de la celda quedaban iluminadas por el sol. Veía todas aquellas partículas de polvo como si fueran otros seres humanos ocupando el planeta. Y formaban parte del flujo de la vida, interactuaban, rebotaban una contra otra. Hacían algo colectivo. Yo me veía como en un rincón, emparedada. Fuera del flujo de la vida.

En septiembre de 2010, después de más de un año de cautividad, Sarah fue liberada y pudo volver al mundo, pero el trauma de la reclusión no la abandonó: sufría depresión y cualquier cosa la sumía en el pánico. Al año siguiente se casó con Shane Bauer, uno de los excursionistas. Sarah nos cuenta que ella y Shane son capaces de ofrecerse consuelo mutuo, pero no siempre es fácil: ambos sufren cicatrices emocionales.

El filósofo Martin Heidegger afirmaba que es difícil que una persona «sea» sin más, pues lo habitual es «ser en el mundo». Era su manera de recalcar que el mundo que nos rodea es una gran parte de quiénes somos. El yo no existe en el vacío.

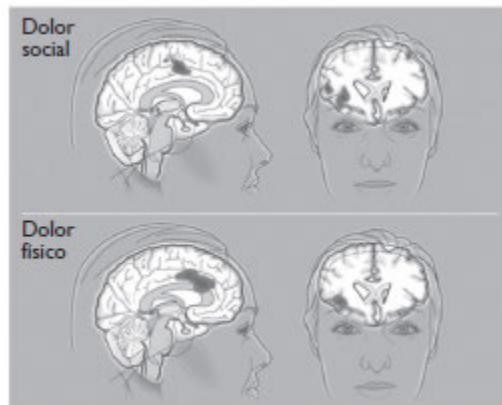
Aunque los científicos y la gente que trabaja en un hospital son capaces de observar lo que le ocurre a la gente que vive en aislamiento, es difícil estudiarlo directamente. Sin embargo, un experimento de la neurocientífica Naomi Eisenberger nos permite intuir lo que ocurre en el cerebro en una situación un tanto más suave: cuando se nos excluye de un grupo.

Imagine que juega con otras personas a tirarse una pelota, y en cierto momento le excluyen del juego: las otras personas se lanzan la pelota entre ellas y le dejan fuera. El experimento de Eisenberger se basa en este sencillo escenario. Los voluntarios jugaban a un sencillo juego de ordenador en el que un personaje animado juega con otros dos personajes a lanzarse la pelota. A los voluntarios se les hacía creer que los demás jugadores estaban controlados por dos humanos, cuando no eran más que parte de un programa de ordenador. Al principio, los otros dos jugaban con el voluntario, pero al cabo de unos minutos lo excluían del juego y sólo se pasaban la pelota entre ellos.

Eisenberger pidió a sus voluntarios que, mientras jugaban a ese juego, se sometieran a un escáner cerebral (la técnica se denomina imagen por resonancia magnética funcional, o fMRI; véase el capítulo 4). Descubrió algo extraordinario: cuando los voluntarios quedaban al margen del juego se activaban las zonas de la matriz del dolor. Que no nos pasen la pelota puede parecer insignificante, pero para el cerebro el rechazo social es tan importante que literalmente duele.

¿Por qué duele el rechazo? Lo hemos de considerar un indicio de que el vínculo social posee una importancia evolutiva; en otras palabras, el dolor es un mecanismo que nos guía hacia la interacción y la aceptación por parte

de los demás. Nuestra maquinaria neuronal innata nos incita a relacionarnos con los demás. Nos insta a formar grupos.



El dolor social –como el que resulta de una exclusión
activa las mismas regiones del cerebro que el dolor físico.
© 5W Infographics

Ello arroja luz sobre el mundo social que nos rodea: los humanos constantemente formamos grupos en todas partes. Nos unimos a través de los vínculos de la familia, la amistad, el trabajo, el estilo de vida, los equipos deportivos, la religión, la cultura, el pigmento de la piel, el idioma, las aficiones y la filiación política. Nos sentimos cómodos al pertenecer a un grupo, y ese hecho es un dato fundamental en la historia de nuestra especie.

MÁS ALLÁ DE LA SUPERVIVENCIA DE LOS MÁS FUERTES

Cuando pensamos en la evolución humana, todos estamos familiarizados con el concepto de la supervivencia de los más fuertes: evocamos la imagen de un individuo poderoso y astuto capaz de derrotar en la lucha, en la carrera o en el apareamiento a otros miembros de su especie. En otras palabras, para prosperar y sobrevivir hay que ser un buen competidor. Este modelo sirve para explicar muchas cosas, aunque no esclarece algunos aspectos de nuestro comportamiento. Consideremos el altruismo: ¿por qué la supervivencia de los más fuertes explica que las personas se ayuden entre ellas? La selección de los individuos más poderosos no casa con esa idea,

por lo que los teóricos han introducido la idea adicional de «selección de parentesco», que significa que no sólo me preocupo por mí, sino también por otros con los que comparto material genético, por ejemplo hermanos y primos. Como dijo jocosamente el biólogo evolutivo J. S. Haldane: «Me lanzaría a un río sin pensarlo dos veces para salvar a dos de mis hermanos o a ocho de mis primos.»

Sin embargo, ni siquiera la selección de parentesco basta para explicar todas las facetas del comportamiento humano, pues la gente se une y coopera sin basarse en el parentesco. Esta observación conduce a la idea de «selección de grupo». El concepto es el siguiente: si un grupo está compuesto exclusivamente por gente que coopera, todo el mundo se beneficia. Por lo general, les irá mejor que a otras personas que no cooperan mucho con sus vecinos. En su conjunto, los miembros de un grupo se ayudan mutuamente a sobrevivir. Están más seguros, más capacitados para superar cualquier reto y son más productivos. Este impulso de establecer vínculos con los demás se denomina eusocialidad (*eu* significa «bueno» en griego), y proporciona una conexión que, sin tener en cuenta el parentesco, nos permite construir tribus, grupos y naciones. No es que no exista la selección individual, es que no consigue explicarlo todo. Aunque los humanos son competitivos e individualistas gran parte del tiempo, también es cierto que pasamos una buena parte de nuestras vidas cooperando por el bien del grupo, que es lo que ha permitido que las poblaciones humanas prosperen por todo el planeta y construyan sociedades y civilizaciones, una proeza que los individuos, por fuertes que sean, no podrían llevar a cabo aislados. El auténtico progreso sólo es posible con alianzas que se convierten en confederaciones, y nuestra eusocialidad es uno de los factores más importantes de la riqueza y complejidad de nuestro mundo.

El instinto que nos lleva a formar grupos proporciona ventajas para la supervivencia, pero también tiene un lado oscuro. Por cada grupo de pertenencia, existe al menos uno de no pertenencia.

GRUPOS DE NO PERTENENCIA

Para comprender los grupos de pertenencia y no pertenencia resulta fundamental comprender nuestra historia. A lo largo y ancho de todo el

planeta, y de manera reiterada, hay grupos de personas que infligen violencia a otros grupos, aun cuando éstos estén indefensos y no supongan ninguna amenaza directa. En 1915 los turcos otomanos asesinaron de manera sistemática a más de un millón de armenios. En la masacre de Nankín de 1937, los japoneses invadieron China y mataron a cientos de miles de civiles desarmados. En 1994, en un periodo de cien días, los hutus de Ruanda mataron a ochocientos mil tutsis, casi todos a machetazos.

No contemplo estos sucesos con la fría mirada del historiador. Si observara mi árbol genealógico, se daría cuenta de que casi todas sus ramas acaban bruscamente a principios de la década de 1940. Corresponden a familiares que fueron asesinados porque eran judíos y se vieron atrapados en el genocidio nazi como grupo de no pertenencia que sirvió de chivo expiatorio.

Después del Holocausto, en Europa adquirimos la costumbre de jurar que eso no volvería a suceder «nunca más». Pero cincuenta años más tarde volvió a ocurrir otro genocidio, esta vez a menos de mil kilómetros, en Yugoslavia. Durante la guerra que se libró en ese país, entre 1992 y 1995, más de cien mil musulmanes fueron asesinados por los serbios en actos violentos que recibieron el nombre de «limpieza étnica». Uno de los peores sucesos de la guerra tuvo lugar en Srebrenica: allí, en el curso de diez días, ocho mil musulmanes bosnios –conocidos como bosníacos– fueron fusilados y asesinados. Se habían refugiado en el interior de un campamento de las Naciones Unidas después de que Srebrenica fuera sometida a asedio, pero el 11 de julio de 1995 los comandantes de las Naciones Unidas expulsaron a todos los refugiados del recinto, dejándolos a manos de sus enemigos, que esperaban a las puertas. Éstos violaron a las mujeres, ejecutaron a los hombres y mataron a niños.

Cogí un avión hasta Sarajevo para comprender mejor lo que había ocurrido y allí tuve oportunidad de hablar con un hombre alto y de mediana edad llamado Hasan Nuhanović, un musulmán bosnio que había trabajado en el campamento como traductor de las Naciones Unidas. Su familia también se encontraba entre los refugiados, pero la obligaron a abandonar el campamento, enviándola a una muerte segura, y sólo le permitieron quedarse a él por su valor como traductor. Aquel día fueron asesinados su madre, su padre y su hermano. La parte que más le obsesiona es ésta: «Las reiteradas matanzas, las torturas, fueron perpetradas por nuestros vecinos,

las mismas personas con las que habíamos convivido durante décadas. Fueron capaces de matar a sus compañeros de colegio.»

Para ejemplificar la manera en que se truncó la interacción social, me contó cómo los serbios arrestaron a un dentista bosniaco. Lo colgaron de una farola por los brazos y le golpearon con una barra metálica hasta que le rompieron la columna vertebral. Hasan me contó que el dentista se quedó colgado allí tres días mientras los niños serbios pasaban junto a su cadáver camino de la escuela. Tal como lo expresó: «Existen valores universales, y éstos son muy básicos: no matarás. En abril de 1992 este “No matarás” de repente desapareció, y se convirtió en “Ve y mata”.»

SÍNDROME E

¿Qué permite que se amortigüe nuestra reacción emocional cuando vemos que se daña a otra persona? El neurocirujano Itzhak Fried señala que cuando se observan los sucesos violentos de todo el mundo se encuentra el mismo patrón de comportamiento en todas partes. Es como si la gente pasara de su función cerebral normal a un tipo de comportamiento distinto. Igual que cuando un médico se fija en la tos y la fiebre para diagnosticar neumonía, sugirió que podemos identificar comportamientos concretos que caracterizan a los que cometen actos violentos, y lo denominó «síndrome E». Dentro del esquema de Fried, el síndrome E se caracteriza por una reacción emocional amortiguada que permite actos reiterados de violencia. También incluye la hiperexcitación, o como lo llaman los alemanes, *Rausch*: una sensación de euforia al cometer esos actos. Se da un contagio en grupo: todo el mundo lo hace, es como un virus que se contrae y se propaga. Se da una compartimentación: una persona es capaz de cuidar de su propia familia al tiempo que se comporta de manera violenta con otra familia.

Desde un punto de vista neurocientífico, lo más importante es que las demás funciones cerebrales, como el lenguaje, la memoria y la solución de problemas, permanecen intactas. Esto sugiere que no se trata de un cambio que afecta a todo el cerebro, sino sólo a las zonas relacionadas con la emoción y la empatía. De hecho, es como si sufrieran un cortocircuito: ya no participan en la toma de decisiones. Por el contrario, quien perpetra actos violentos se deja guiar por las partes del cerebro responsables de la lógica, la memoria y el razonamiento, pero no por las redes que participan en la consideración emocional de lo que se siente al ser otra persona. Desde el punto de vista de Fried, es lo mismo que

una desconexión moral. La gente ya no utiliza los sistemas emocionales que en circunstancias normales

¿Qué permite un cambio tan alarmante en la interacción humana? ¿Cómo puede ser compatible con una especie eusocial? ¿Por qué el genocidio es algo que continúa sucediendo en todo el planeta? Tradicionalmente examinamos la guerra y las matanzas en el contexto de la historia, la economía y la política. Sin embargo, para hacernos una idea más completa, creo que también tenemos que comprenderlas como un fenómeno nervioso. Normalmente sería descabellado asesinar a su vecina. Así pues, ¿qué permite que de repente cientos o miles de personas lo hagan? ¿Por qué ciertas situaciones provocan un cortocircuito en el funcionamiento social normal del cerebro?

UNOS MÁS IGUALES QUE OTROS

¿Puede estudiarse en el laboratorio la interrupción del funcionamiento social normal? Ideé un experimento para averiguarlo.

La primera pregunta era sencilla: ¿cambia su empatía básica hacia alguien en función de si está en su grupo de pertenencia o de no pertenencia?

Sometimos a los participantes a un escáner. En la pantalla vieron seis manos. Como la rueda giratoria de un programa concurso, el ordenador escogía al azar una de las manos. Esa mano se expandía en mitad de la pantalla, y se observaba cómo la frotaban con un algodón o le clavaban la aguja de una jeringuilla. Ambas acciones provocaban la misma actividad del sistema visual, pero reacciones muy distintas en el resto del cerebro.

Como hemos visto anteriormente, presenciar el dolor ajeno activa la matriz del dolor propia. Ésta es la base de la empatía. Así que podíamos llevar nuestras preguntas sobre la empatía al siguiente nivel. En cuanto hubimos establecido el estado básico, realizamos un cambio muy sencillo: aparecían en la pantalla las mismas seis manos, pero cada una de ellas llevaba una etiqueta con una palabra en la que se leía cristiano, judío, ateo, musulmán, hindú o científico. Cuando una mano se elegía al azar, se

expandía en mitad de la pantalla y luego la frotaba el algodón o le clavaban la aguja. La pregunta experimental era la siguiente: ¿su cerebro siente lo mismo cuando ve que se hace daño a un miembro de un grupo de no pertenencia?

Encontramos una gran variabilidad individual, pero, de media, el cerebro de la gente mostraba una mayor respuesta simpática cuando veía sufrir a alguien de su grupo de pertenencia, y la respuesta era menor cuando se trataba de un miembro de un grupo de no pertenencia. El resultado es especialmente destacable si tenemos en cuenta que eran simplemente etiquetas de una sola palabra: no hace falta mucho para afiliarse a un grupo.

Una categorización básica es suficiente para cambiar la reacción preconsciente del cerebro hacia el dolor ajeno. Ahora bien, uno puede tener su opinión acerca de si la religión es un factor de división, pero aquí observamos algo más profundo: en nuestro estudio, incluso los ateos mostraron una respuesta mayor al dolor en la mano etiquetada con la palabra «ateo» y una respuesta menos empática hacia otras etiquetas. Por lo que el resultado no tiene que ver, en esencia, con la religión, sino con el equipo del que uno forma parte.

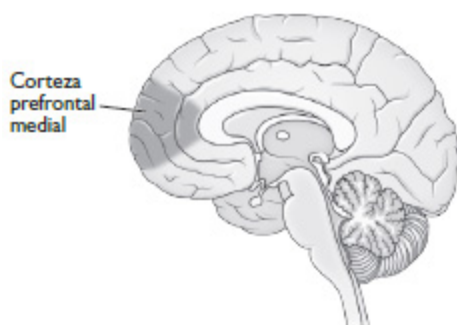
Vemos que la gente es capaz de disminuir su empatía hacia miembros de un grupo de no pertenencia. Pero para comprender la violencia o el genocidio, todavía tenemos que dar un paso más y llegar a la deshumanización.

Lasana Harris, de la Universidad de Leiden, Holanda, ha dirigido una serie de experimentos que nos ayudan a comprender cómo ocurre este fenómeno. Harris busca cambios en la red social del cerebro, en particular en la corteza prefrontal medial (CPFm), una región que se activa cuando interactuamos con otras personas o pensamos en ellas, pero no se activa cuando tratamos con objetos inanimados, como por ejemplo una taza de café.

Harris les muestra a los voluntarios fotos de personas de diferentes grupos sociales, por ejemplo, indigentes o drogadictos. Y descubre que la CPFm se activa menos cuando observan a un indigente. Es como si esa persona se convirtiera casi en un objeto.

Tal como él lo expresa, al desconectar los sistemas que ven al indigente como un ser humano, uno no experimenta la desagradable presión de sentirse mal por no darle dinero. En otras palabras, el indigente se ha

deshumanizado: el cerebro lo ve más como un objeto y menos como una persona. Y tampoco es de sorprender que sea menos probable que lo tratemos con consideración. Tal como explica Harris: «Si no estableces claramente que esa persona es un ser humano, entonces las reglas morales reservadas para las personas no se aplican.»



La corteza prefrontal medial interviene cuando pensamos en los demás, aunque no en todos los demás.

© Dragonfly Media

La deshumanización es un componente clave del genocidio. Al igual que los nazis veían a los judíos como inferiores a los humanos, los serbios de la antigua Yugoslavia veían del mismo modo a los musulmanes.

Cuando estuve en Sarajevo me paseé por la calle principal, que durante la guerra fue conocida como la avenida de los Francotiradores, pues los civiles, hombres, mujeres y niños, eran asesinados por tiradores apostados en las colinas y edificios vecinos. Esa calle se convirtió en uno de los símbolos más poderosos del horror de la guerra. ¿Cómo es posible que una calle normal se convierta en algo así?

Aquella guerra, como todas las demás, fue avivada por una forma eficaz de manipulación nerviosa que se ha practicado durante siglos: la propaganda. Durante la guerra de Yugoslavia, la principal cadena de noticias, la Radio Televisión Serbia, estaba controlada por el gobierno serbio y constantemente presentaba noticias tergiversadas como si fueran auténticas. La cadena se inventó informes de ataques contra los serbios por parte de musulmanes bosnios y croatas que obedecían a motivos étnicos. Continuamente demonizaban a los bosnios y a los croatas, y utilizaba un lenguaje negativo para describir a los musulmanes. Se llegó al colmo de la

aberración cuando la cadena transmitió una historia infundada según la cual los musulmanes daban de comer niños serbios a los leones hambrientos del zoo de Sarajevo.

El genocidio sólo es posible cuando la deshumanización sucede a gran escala, y la herramienta perfecta es la propaganda, pues encaja totalmente con las redes neuronales que sirven para comprender a los demás y rebaja la empatía que sentimos hacia ellos.

Hemos visto que nuestros cerebros pueden ser manipulados por programas políticos para deshumanizar a los demás, cosa que luego puede despertar el lado más oscuro de la gente. Pero ¿es posible programar nuestro cerebro para evitarlo? Una posible solución se encuentra en el experimento llevado a cabo en la década de 1960, no en un laboratorio científico, sino en una escuela.

Era 1968, el día después del asesinato del líder de los derechos civiles Martin Luther King. Jane Elliott, profesora de una pequeña población de Iowa, decidió mostrar a su clase qué eran los prejuicios. Les preguntó a sus alumnos si sabían lo que se sentía al ser juzgado por el color de la piel. Casi todos contestaron que sí. Pero ella no estaba tan segura, de manera que inició lo que iba a convertirse en un famoso experimento. Anunció que los alumnos de ojos azules eran «las mejores personas del aula».

Jane Elliott: Los alumnos de ojos castaños no podéis beber directamente de la fuente. Tendréis que usar un vaso de plástico. Los de ojos castaños no jugaréis con los de ojos azules en el patio, porque no sois tan buenos como ellos. A partir de hoy, los de ojos castaños vais a llevar un collar, para que ya desde lejos podamos saber de qué color son vuestros ojos. Página 127... ¿Estáis todos preparados? Todos menos Laurie. ¿Preparada, Laurie?

Niño: Tiene los ojos castaños.

Jane: Tiene los ojos castaños. A partir de hoy comenzaréis a daros cuenta de que pasamos mucho tiempo esperando a la gente de ojos castaños.

Momentos más tarde, Jane busca con la mirada su regla, y dos niños levantan la mano. Rex le señala dónde está la regla, y Raymond afirma solícito: «Señora Elliott, es mejor que la guarde sobre el escritorio por si a los de piel castaña [*sic*], los de ojos castaños se desmandan.»

Hace poco estuve con esos muchachos, que ahora son ya dos adultos: Rex Kozak y Ray Hansen. Los dos tienen los ojos azules. Les pregunté si recordaban su comportamiento de aquel día. Ray afirmó que «me porté

tremendamente mal con mis amigos. No paré de meterme con mis amigos de ojos castaños, tan sólo en beneficio propio». Recordó que en aquel momento tenía el pelo bastante rubio y los ojos bastante azules, «y me convertí en el perfecto nazi. No hacía más que buscar la manera de ser malo con mis compañeros, incluso con los que horas o minutos antes habían sido mis mejores amigos».

Al día siguiente, Jane invirtió el experimento y anunció a la clase:

Los que tienen ojos castaños se pueden quitar los collares. Y podéis poner vuestro collar a una persona de ojos azules. Los de ojos castaños tienen cinco minutos extra de recreo. A los de ojos azules no se les permite utilizar los juegos infantiles del patio en ningún momento. Los de ojos azules no jugarán con los de ojos castaños. Los de ojos castaños son mejores que los de ojos azules.

Rex describió lo que supuso esa inversión: «Todo tu mundo queda hecho trizas de una manera que nunca habías experimentado.» Cuando Ray pasó a formar parte del grupo menos favorecido, sintió una profunda sensación de pérdida de personalidad y del yo, y tuvo la impresión de que le resultaba casi imposible seguir con su vida.

Una de las cosas más importantes que aprendemos como humanos es a ver las cosas con perspectiva. Y eso es algo que los niños no suelen practicar lo suficiente. Cuando uno se ve obligado a comprender qué se siente al estar en la piel de otro, se abren nuevos caminos cognitivos. Después del ejercicio en el aula de la señora Elliott, Rex evitó más que antes expresar opiniones racistas; recuerda haberle dicho a su padre: «Esto no es correcto.» Rex recuerda ese momento con cariño: se sintió reafirmado y supo que había comenzado a cambiar como persona.

La astucia del ejercicio de los ojos azules y castaños consistía en que Jane Elliott cambiaba el grupo favorecido, lo cual permitía a los niños extraer una lección más general: que las reglas pueden ser arbitrarias. Los niños aprendieron que las verdades del mundo no son algo fijo, y que tampoco tienen por qué ser ciertas. Ese ejercicio consiguió que los niños pudieran ver a través de los pretextos y engaños de las agendas políticas y formaran sus propias opiniones, sin duda una habilidad que todos queremos para nuestros hijos.

La educación desempeña un papel fundamental a la hora de prevenir el genocidio. Sólo comprendiendo el instinto neuronal que nos lleva a formar

grupos de pertenencia y de no pertenencia —y los trucos habituales que utiliza la propaganda para manipular ese instinto— podemos albergar la esperanza de interrumpir esa deshumanización que acaba en atrocidades en masa.

En esta época de hiperconexión digital, es más importante que nunca comprender los vínculos entre los seres humanos. El cerebro humano está básicamente programado para interactuar: somos una especie prodigiosamente social. Aunque nuestros instintos sociales a veces se pueden manipular, también se hallan en el centro del éxito de la especie humana.

Podemos sentir la tentación de pensar que nuestra persona acaba en la frontera de la piel, pero en cierto sentido es imposible delimitar dónde acaba cada uno y dónde comienzan los que nos rodean. Nuestras neuronas y las de todos los que habitan el planeta interactúan formando un superorganismo gigantesco y cambiante. Lo que delimitamos como el «yo» no es más que una red dentro de otra red más grande. Si deseamos un futuro brillante para nuestra especie, tendremos que seguir investigando cómo interactúan los cerebros humanos, para ver tanto los peligros como las oportunidades. Porque es imposible evitar la verdad impresa en el circuito de nuestros cerebros: nos necesitamos los unos a los otros.

6. ¿Quiénes seremos?

El cuerpo humano es una obra maestra de complejidad y belleza, una sinfonía de cuarenta billones de células que trabajan conjuntamente. No obstante, tiene sus limitaciones. Los sentidos establecen límites a lo que podemos experimentar. El cuerpo impone cortapisas a lo que podemos hacer. Pero si el cerebro pudiera comprender nuevos tipos de entradas sensoriales y controlar nuevos tipos de extremidades, ¿expandiría la realidad que habitamos? Nos hallamos en un momento de la historia humana en que el matrimonio de nuestra biología y nuestra tecnología supera las limitaciones del cerebro. Podemos piratear nuestro propio hardware para poner rumbo hacia el futuro. Y todo esto puede llegar a cambiar de manera fundamental lo que significa ser humano.

A lo largo de los últimos cien mil años, nuestra especie ha llevado a cabo un largo viaje: hemos pasado de vivir como cazadores recolectores primitivos que subsistían como podían a ser una especie hiperconectada que ha conquistado el planeta y que define su propio destino. Hoy en día disfrutamos de experiencias mundanas que nuestros antepasados no podían ni imaginar. Tenemos ríos limpios que podemos llevar a nuestras cavernas bien adornadas cuando lo deseamos. Poseemos pequeños dispositivos del tamaño de una piedra que contienen todo el conocimiento del mundo. Vemos de manera regular la parte superior de las nubes y la curvatura de nuestro planeta desde el espacio. Enviamos mensajes al otro lado del planeta en ochenta milisegundos y subimos archivos a una colonia de seres humanos que flotan en el espacio a una velocidad de sesenta megabits por segundo. Incluso cuando simplemente vamos a trabajar en coche, nos movemos a una velocidad que supera la de las criaturas más rápidas de la biología, como los guepardos. Nuestra especie debe su clamoroso éxito a las singulares propiedades del menos de kilo y medio de materia almacenado dentro de nuestro cráneo.

¿Qué tiene el cerebro humano que ha hecho posible este viaje? Si podemos comprender los secretos que hay detrás de nuestros logros, entonces quizá podamos dirigir las fuerzas de nuestro cerebro de una manera prudente y con sentido, abriendo un nuevo capítulo en la historia humana. ¿Qué nos espera en los próximos mil años? En un futuro lejano, ¿cómo será la raza humana?

UN DISPOSITIVO FLEXIBLE Y COMPUTACIONAL

El secreto para comprender nuestro éxito –y nuestras oportunidades futuras– se halla en la tremenda capacidad del cerebro para adaptarse, algo conocido como plasticidad cerebral. Como vimos en el capítulo 2, este rasgo nos ha permitido llegar a cualquier entorno y aprovechar los detalles

de la zona que necesitamos para sobrevivir, incluyendo el lenguaje, la presión ambiental o los requisitos culturales.

La plasticidad cerebral es también la llave de nuestro futuro, porque abre la puerta a poder modificar nuestro propio hardware. Comencemos comprendiendo lo flexible que es el cerebro en cuanto dispositivo computacional. Consideremos el caso de una chica llamada Cameron Mott. A la edad de cuatro años comenzó a padecer unos violentos ataques de agresividad: de repente caía al suelo, por lo que se veía obligada a llevar casco constantemente. Enseguida le diagnosticaron una extraña y debilitante enfermedad llamada encefalitis de Rasmussen. Sus neurólogos sabían que esta forma de epilepsia podía conducir a la parálisis y con el tiempo a la muerte, por lo que le propusieron una operación drástica. En 2007, en una intervención que duró casi doce horas, un equipo de neurocirujanos extirpó una mitad completa del cerebro de Cameron.

¿Qué efecto tendría a largo plazo eliminar la mitad de su cerebro? Pues resulta que las consecuencias fueron sorprendentemente escasas. Cameron tiene débil un lado del cuerpo, pero por lo demás apenas se diferencia de las demás chicas de su clase. Comprender el lenguaje, la música, las matemáticas y los cuentos no le plantea ningún problema. Es una buena alumna y participa en los deportes.

¿Cómo es posible? No es que una de las mitades del cerebro de Cameron sea innecesaria, sino que la otra mitad ha cambiado sus circuitos de manera dinámica para asumir las funciones que perdió, sobre todo comprimiendo todas las operaciones en la mitad de espacio cerebral. La recuperación de Cameron pone de relieve una extraordinaria capacidad del cerebro: transforma sus circuitos para adaptarse a las entradas sensoriales, las salidas y las tareas que se le plantean.

En lo fundamental, el cerebro no se parece en nada al hardware, al soporte físico, de nuestros ordenadores digitales. Es, por el contrario, un «soporte vivo». Reconfigura sus propios circuitos. Aunque el cerebro adulto no es tan flexible como el de un niño, sigue conservando una asombrosa capacidad para adaptarse y cambiar. Como hemos visto en capítulos anteriores, cada vez que aprendemos algo nuevo, ya sea el mapa de Londres o la habilidad de apilar vasos, el cerebro se transforma. Es esta propiedad del cerebro —su plasticidad— lo que permite un nuevo maridaje entre nuestra tecnología y nuestra biología.

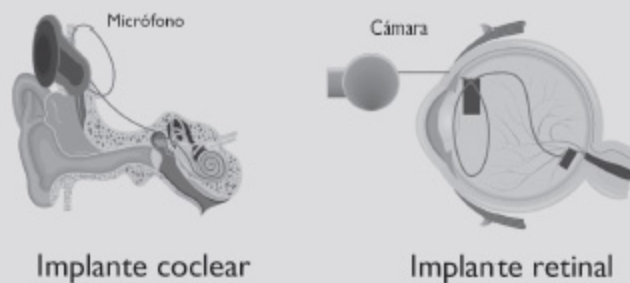
CONECTAR DISPOSITIVOS PERIFÉRICOS

Cada vez somos más diestros a la hora de conectar maquinaria directamente a nuestros cuerpos. Puede que no nos demos cuenta, pero en la actualidad son cientos de miles las personas que llevan un dispositivo de visión o audición artificial.

Con un dispositivo denominado implante coclear, un micrófono externo digitaliza una señal sónica y la transmite al nervio auditivo. De manera parecida, el implante retinal digitaliza una señal procedente de una cámara y la manda a través de una red de electrodos conectados al nervio óptico, situado en la parte posterior del ojo. Estos dispositivos han restituido los sentidos a sordos y ciegos de todo el planeta.

No siempre fue evidente que este enfoque pudiera funcionar. Cuando estas tecnologías se introdujeron por primera vez, muchos investigadores se mostraron escépticos: las conexiones del cerebro son tan precisas y específicas que no estaba claro que pudiera darse un diálogo fructífero entre electrodos de metal y células biológicas. ¿Sería el cerebro capaz de descifrar toscas señales no biológicas, o éstas lo confundirían?

VISIÓN Y AUDICIÓN ARTIFICIALES



© David Eagleman

Un implante coclear sortea los problemas que pueda padecer la biología del oído y envía su señal de audio directamente al nervio auditivo no dañado, que es el cable de datos del cerebro que manda impulsos eléctricos a la corteza auditiva para que ésta los decodifique. El implante recoge sonidos del mundo exterior y los transmite al nervio auditivo mediante dieciséis diminutos electrodos. La experiencia de oír no llega de inmediato: quien lo utiliza tiene

que aprender a interpretar el dialecto desco nocido de las señales que llegan al cerebro. Michael Chorost, una persona a quien hace poco le practicaron un implante coclear, describe su experiencia: «Cuando, un mes después de la operación, conectaron el dispositi vo, la primera frase que oí sonó como “Zzzzzz szz szvizz para deszzzzzz”. Poco a poco mi cerebro aprendió a in terpretar esa señal desconocida. Al poco tiempo, “Zzzzzz szz szvizz para deszzzzzz” se convirtió en “¿Qué te apetece para desayunar?”. Al cabo de meses de prác tica, podía utilizar el teléfono de nuevo, e incluso con versar en bares y cafeterías ruidosos.»

Los implantes retinales se basan en principios parecidos. Los diminutos electrodos del implante retinal sortean las funciones normales de la capa fotorreceptora y envían sus diminutas chispas de actividad eléctrica. Estos implantes se utilizan sobre todo para enfermedades ocu lares en las que los fotorreceptores de la parte poste rior del ojo se hallan en proceso degenerativo, mientras que las células del nervio óptico siguen sanas. Aun cuan do las señales enviadas por el implante no sean aquello a

Pues resulta que el cerebro aprende a interpretar las señales. Para el cerebro, acostumbrarse a estos implantes es un poco como aprender un nuevo idioma. Al principio, las señales eléctricas ajenas son ininteligibles, pero, con el tiempo, las redes nerviosas extraen patrones de los datos que llegan. Aunque las señales de entrada son toscas, el cerebro encuentra una manera de interpretarlas. Busca patrones, cruza datos con los demás sentidos. Si los datos que entran poseen una estructura, el cerebro la descubre, y al cabo de varias semanas la información comienza a adquirir significado. Aun cuando los implantes emiten señales ligeramente distintas a las de nuestros órganos sensoriales, el cerebro resuelve cómo ir tirando con la información que le llega.

ENCHUFAR Y USAR: UN FUTURO EXTRASENSORIAL

La plasticidad del cerebro permite que se interpreten nuevas entradas. ¿Qué oportunidades sensoriales nos abre este hecho?

Llegamos a este mundo con una serie establecida de sentidos básicos: el oído, el tacto, la vista, el olor y el sabor, junto con otros sentidos como el

equilibrio, la vibración y la temperatura. Los sensores que poseemos son los portales mediante los que captamos señales de nuestro entorno.

No obstante, como vimos en el primer capítulo, estos sentidos sólo nos permiten experimentar una diminuta fracción del mundo que nos rodea. Todas las fuentes de información para las que no poseemos sensores nos resultan invisibles.

Concibo nuestros portales sensoriales como dispositivos periféricos de enchufar y usar. La clave es que el cerebro no sabe ni le importa de dónde obtiene los datos. Ante cualquier información que le llega, el cerebro determina qué hacer con ella. Dentro de este esquema, considero el cerebro como un dispositivo de cálculo de uso general: opera con todo lo que le llega. La idea es que la madre naturaleza sólo tuvo que inventar los principios de funcionamiento del cerebro una única vez, y entonces ya estuvo libre para dedicarse a diseñar nuevos canales de entrada.

El resultado final es que todos esos sensores que conocemos y amamos son simples dispositivos que se pueden conectar y desconectar. En cuanto los enchufas, el cerebro se pone a trabajar. En este esquema, la evolución no tiene por qué rediseñar continuamente el cerebro, sólo los periféricos, y el cerebro decide cómo utilizarlos.

Basta fijarse en el mundo animal para encontrar una inimaginable variedad de sensores periféricos utilizados por los cerebros de los animales. Las serpientes poseen sensores de calor. El pez cuchillo de cristal cuenta con electrosensores para interpretar los cambios en el campo eléctrico local. Las vacas y los pájaros poseen magnetita, con la que se orientan en el campo magnético de la tierra. Los animales pueden ver en ultravioleta; los elefantes pueden oír a enormes distancias, mientras que los perros experimentan una realidad vivamente aromática. El crisol de la selección natural es el espacio supremo de la piratería informática, y éstas son sólo algunas de las maneras en que los genes han averiguado cómo canalizar datos del mundo exterior al mundo interior. El resultado final es que la evolución ha construido un cerebro capaz de experimentar muchas porciones distintas de realidad.

La consecuencia que quiero recalcar es que puede que los sensores a los que estamos acostumbrados no tengan nada especial ni fundamental. Son tan sólo lo que hemos heredado de una compleja historia de restricciones evolutivas. Pero no tiene por qué ser siempre así.

Nuestra prueba fundamental del principio de esta idea procede de un concepto llamado sustitución sensorial, que se refiere a la entrada de información sensorial a través de canales sensoriales inusuales, como la visión a través del tacto. El cerebro calcula qué hacer con la información, pues tanto le da cómo llegan los datos.

Puede que la sustitución sensorial suene a ciencia ficción, pero es un hecho bien demostrado. La primera demostración se publicó en la revista *Nature* en 1969. En ese artículo, el neurocientífico Paul Bach-y-Rita demostró que los sujetos ciegos podían aprender a «ver» objetos, aun cuando la información visual les llegara de manera poco habitual. Sentaron a varios ciegos en un sillón dental modificado, y la entrada de vídeo de una cámara se transformaba en un patrón de pequeños émbolos que presionaban la zona lumbar. En otras palabras, si colocas un círculo delante de la cámara, el participante sentirá un círculo en la espalda. Si pones una cara delante de la cámara, el participante notará la cara en la espalda. Lo más asombroso es que los ciegos podían llegar a interpretar los objetos, y también apreciar el aumento de tamaño de los objetos que se acercaban. Eran capaces, al menos en cierto sentido, de ver con la espalda.

Ése fue el primer ejemplo de sustitución sensorial de muchos que lo siguieron. Las encarnaciones modernas de esta propuesta incluyen convertir imágenes de vídeo en un flujo de sonido, o una serie de pequeñas descargas en la frente o en la lengua.

Un ejemplo de esto último es un dispositivo no mayor que un sello de correos denominado BrainPort, que funciona emitiendo unas pequeñas descargas eléctricas a la lengua a través de un pequeño electrodo situado en ella. El sujeto ciego lleva gafas de sol con una pequeña cámara adosada. Los píxeles de la cámara se convierten en impulsos eléctricos en la lengua, que siente algo parecido a la efervescencia de una bebida con gas. Los ciegos pueden llegar a aprender a utilizar el BrainPort con gran competencia, y consiguen sortear un trayecto con obstáculos o encestar una pelota. Un atleta ciego, Erik Weißenmayer, utiliza el BrainPort para practicar la escalada, ubicando la posición de los salientes y grietas a partir de los dibujos que se forman en su lengua.

Si bien «ver» a través de la lengua parece una locura, no debemos olvidar que el acto de ver no consiste más que en señales eléctricas que se adentran en la oscuridad del cráneo, normalmente a través de los nervios ópticos,

pero no existe motivo alguno por el que la información no pueda entrar a través de otros nervios. Como demuestra la sustitución sensorial, el cerebro admite todos los datos que entran y determina qué puede hacer con ellos.

Uno de los proyectos de mi laboratorio consiste en construir una plataforma para permitir la sustitución sensorial. En concreto, hemos construido la tecnología portátil denominada Transductor Extra-Sensorial Variable (VEST por sus siglas en inglés, palabra que significa «chaleco»). El VEST se lleva discretamente debajo de la ropa y está cubierto de diminutos motores vibratorios. Estos motores convierten los flujos de datos en patrones dinámicos de vibración que recorren el torso. Utilizamos el VEST para que los sordos puedan oír.

Después de utilizar cinco días el VEST, una persona sorda de nacimiento es capaz de identificar correctamente algunas palabras. Aunque los experimentos se hallan todavía en su primera fase, esperamos que al cabo de varios meses de llevar el VEST los usuarios lleguen a tener una experiencia perceptiva directa: en esencia, el equivalente a oír.

Puede parecer extraño que una persona sea capaz de oír a través de patrones de vibración que se mueven sobre el torso, pero al igual que con el sillón dental o el electrodo en la lengua, el truco es el siguiente: al cerebro le da igual cómo le llega la información, siempre y cuando le llegue.

INCREMENTO SENSORIAL

La sustitución sensorial es fabulosa para esquivar sistemas sensoriales deteriorados. Pero, aparte de la sustitución, ¿qué pasa si utilizamos esta tecnología para ampliar nuestro inventario sensorial? A este fin, en la actualidad mis estudiantes y yo estamos añadiendo nuevos sentidos al repertorio humano para incrementar su experiencia del mundo.

Consideremos lo siguiente: internet nos manda petabytes de datos interesantes, pero en la actualidad sólo podemos acceder a esa información mirándola en un teléfono o en una pantalla de ordenador. ¿Y si pudiéramos conseguir que esos datos afluyeran a nuestro cuerpo en tiempo real y pasaran a formar parte de nuestra experiencia directa del mundo? En otras palabras, ¿y si pudiéramos sentir los datos? Podrían ser datos meteorológicos, de la Bolsa, de Twitter, de la cabina de mando de un avión,

o datos acerca del estado de una fábrica, todos ellos codificados como un nuevo lenguaje vibratorio que el cerebro aprende a comprender. Mientras nos dedicamos a nuestras tareas diarias, podríamos tener la percepción directa de si va a llover a cientos de kilómetros de distancia o de si mañana va a nevar. O podríamos tener una intuición acerca de cómo va a evolucionar el mercado de valores, identificando de manera subconsciente los movimientos de la economía global. O podríamos percibir cuál es la tendencia en la esfera de Twitter, y así acceder a la conciencia de la especie.

EL VEST (Transductor Extra-Sensorial Variable)



© Bret Hartman/TED

Para ofrecer una sustitución sensorial a los sordos, mi estudiante de posgrado Scott Novich y yo construimos el VEST. Esta técnica portátil capta el sonido del entorno y lo representa en los pequeños motores vibratorios que recorren el torso. El motor activa unos patrones según las frecuencias del sonido, y así éste se convierte en patrones de vibración móviles.

Al principio, el sujeto era incapaz de interpretar estas señales vibratorias, pero con suficiente práctica el cerebro acaba descifrándolas. Los sordos acaban siendo capaces de traducir esos complicados patrones que se dibujan en el torso y comprender lo que se dice a su alrededor. El cerebro se esfuerza de manera inconsciente para sentir esos patrones, de manera parecida a como un ciego acaba leyendo en Braille sin ningún esfuerzo.

El VEST posee el potencial de convertirse en una auténtica revolución para la comunidad de los sordos. Contrariamente al implante coclear, no precisa una intervención invasiva, y es al menos veinte veces más barato, por lo que se trata de una solución que puede ser global.

De cara al futuro, lo más importante del VEST es lo siguiente: aparte del

sonido, también puede servir de plataforma para que cualquier flujo de información pueda llegar al cerebro.

Se pueden ver vídeos del VEST en funcionamiento en eagleman.com.

Aunque esto puede parecer ciencia ficción, no estamos lejos de ese futuro, y todo gracias al talento del cerebro a la hora de extraer patrones, incluso cuando no lo intentemos. Éste es el truco que nos puede permitir absorber datos complejos e incorporarlos a nuestra experiencia sensorial del mundo. Al igual que leer esta página, asimilar nuevos flujos de datos será algo que hagamos sin esfuerzo. Contrariamente a leer, sin embargo, la visión sensorial sería una nueva manera de recoger información sobre el mundo sin tener que estar pendientes de manera consciente de esa operación.

Por el momento no conocemos los límites –ni si hay límites– a los tipos de datos que el cerebro puede incorporar. Pero ya no somos una especie natural que tenga que esperar que ocurran adaptaciones sensoriales en una escala temporal evolutiva. A medida que nos adentremos en el futuro, iremos diseñando progresivamente nuestros propios portales sensoriales al mundo. Nos conectaremos a una realidad sensorial ampliada.

CÓMO CONSEGUIR UN CUERPO MEJOR

Cómo percibimos el mundo es tan sólo la mitad de la historia. La otra mitad es cómo interactuamos con él. De la misma manera que comenzamos a modificar nuestros sentidos sensoriales, ¿se puede mejorar la flexibilidad del cerebro para transformar la manera en que percibimos el mundo?

Veamos el caso de Jan Scheuermann. Debido a una extraña enfermedad genética denominada degeneración espinocerebelosa, los nervios de la médula espinal que conectan su cerebro con los músculos se han deteriorado. Jan puede sentir su cuerpo, pero es incapaz de moverlo. Tal como ella lo describe: «Mi cerebro dice “levanta el brazo”, pero el brazo dice “no te oigo”.» Su parálisis total la convirtió en la candidata ideal para un nuevo estudio en la Facultad de Medicina de la Universidad de Pittsburgh.

Los investigadores le han implantado dos electrodos en la corteza motora izquierda, la última parada de las señales cerebrales antes de adentrarse en la médula espinal para controlar los músculos del brazo. Las tormentas eléctricas de su corteza se monitorizan y se traducen en un ordenador para comprender la intención, y la respuesta se utiliza para controlar el brazo robótico más avanzado del mundo.

Cuando Jan quiere mover el brazo robótico, sólo tiene que pensar en moverlo. Mientras mueve el brazo, Jan suele referirse a él en tercera persona: «Arriba. Abajo, abajo. Avanza. Coge. Suelta.» Y el brazo la obedece. Aunque ella pronuncia las órdenes en voz alta, eso es innecesario. Existe un vínculo físico directo entre el cerebro y el brazo. Jan afirma que su cerebro no ha olvidado cómo mover un brazo, aun cuando no lo haya movido en diez años. «Es como montar en bicicleta», afirma.

La habilidad de Jan apunta a un futuro en el que utilizaremos la tecnología para mejorar y ampliar nuestro cuerpo, no sólo reemplazando extremidades u órganos, sino mejorándolos: elevándolos por encima de la fragilidad humana para que sean más duraderos. El brazo robótico de Jan no es más que el primer atisbo de una futura era biónica en la que seremos capaces de controlar un equipo mucho más fuerte y duradero que la piel, el músculo y los quebradizos huesos con los que nacimos. Entre otras cosas, eso abre nuevas posibilidades para los viajes espaciales, algo para lo que nuestros delicados cuerpos están mal equipados.

Aparte de reemplazar extremidades, el avance de la tecnología de interfaz de la maquinaria cerebral sugiere posibilidades más exóticas. Imaginemos que puede ampliar su cuerpo hasta ser algo irreconocible. Comencemos con esta idea: ¿y si pudiera utilizar sus señales cerebrales como control remoto de una máquina que está en la otra punta de la habitación? Imagine contestar emails mientras al mismo tiempo utiliza su corteza motora para manipular una aspiradora controlada con la mente. A primera vista, el concepto puede parecer inviable, pero tenga en cuenta que el cerebro es muy competente a la hora de llevar a cabo tareas en un segundo plano que requieren muy poca participación del ancho de banda consciente. Considere lo fácil que es conducir un coche mientras al mismo tiempo habla con un pasajero y manipula el botón de la radio.

Con el interfaz de la maquinaria cerebral adecuado y una tecnología inalámbrica, no existe razón alguna por la que no pueda controlar grandes

mecanismos, como una grúa o una carretilla elevadora sin cables, a distancia y con la mente, del mismo modo que, sin prestar atención, es capaz de trabajar en el jardín o tocar la guitarra. Su capacidad para ello podría incrementarse bastante mediante la retroalimentación sensorial, que podría hacerse de manera visual (usted observa cómo se mueve la máquina) o incluso introduciendo datos en su corteza somatosensorial (percibe cómo se mueve la máquina). Controlar esos miembros sería una cuestión de práctica y al principio resultaría incómodo, del mismo modo que un bebé agita los brazos y las piernas durante meses hasta aprender cómo controlarlos con precisión. Con el tiempo, esas máquinas se convertirían realmente en una extremidad más, una extremidad que poseería una fuerza extraordinaria, hidráulica o de otro tipo. Acabaría sintiéndolas igual que siente ahora los brazos y las piernas, y no serían más que una extensión de su propio cuerpo, una extremidad más.

Que sepamos, no existe ningún límite teórico a los tipos de señales que el cerebro podría aprender a incorporar. Sería posible poseer casi cualquier tipo de cuerpo físico y ejercer cualquier clase de interacción con el mundo. No hay ninguna razón por la que una extensión de su propio cuerpo no pueda encargarse de tareas que ocurren al otro lado del planeta, o de excavar rocas en la luna mientras disfruta de un sándwich en la tierra.

El cuerpo con el que llegamos a la tierra no es más que el punto de partida de la humanidad. En un futuro lejano, no sólo ampliaremos nuestro cuerpo, sino básicamente nuestra percepción del yo. A medida que adquiramos nuevas experiencias sensoriales y controlemos nuevos tipos de cuerpos, cambiaremos profundamente como individuos: nuestra sustancia física sienta las bases de cómo sentimos, cómo pensamos y quiénes somos. Sin las limitaciones de los sentidos habituales y el cuerpo habitual, seremos personas distintas. Es posible que a nuestros tataratataratataranietos les cueste comprender quiénes éramos, o qué era importante para nosotros. En este momento de la historia, es posible que tengamos más en común con nuestros antepasados de la Edad de Piedra que con los descendientes de nuestro futuro próximo.

Estamos comenzando a ampliar el cuerpo humano, pero por mucho que mejoremos, hay un obstáculo difícil de superar: nuestro cuerpo y nuestro cerebro están hechos de materia física. Se deteriorarán y morirán. Llegará un momento en que toda nuestra actividad neuronal se detendrá, y entonces la gloriosa experiencia de ser consciente llegará a su fin. Tanto da quiénes seamos o lo que hagamos: es el destino de todos nosotros. De hecho, es el destino de toda vida, pero sólo los humanos poseemos esa capacidad de vislumbrar el futuro que nos hace sufrir.

No todo el mundo se contenta con sufrir; algunos han decidido combatir el espectro de la muerte. Grupos desperdigados de investigadores se centran en la idea de que comprender mejor nuestra biología es una buena manera de abordar nuestra condición mortal. ¿Y si en el futuro no tuviéramos que morir?

Cuando mi amigo y mentor Francis Crick fue incinerado, pasé un tiempo pensando que era una pena que todo su material neuronal fuera pasto de las llamas. Ese cerebro contenía todo el conocimiento, sabiduría e intelecto de uno de los pesos pesados de la biología del siglo XX. Todos los archivos de su vida —sus recuerdos, su intuición, su sentido del humor— se almacenaban en la estructura física de su cerebro, y simplemente porque su corazón se había parado, todo el mundo parecía resignado a arrojar ese disco duro a la basura. Aquello me hizo preguntarme si esa información se podría conservar de alguna manera. Si se conservaba el cerebro, ¿podrían devolverse a la vida los pensamientos, la conciencia y la personalidad de alguien ya fallecido?

Durante los últimos cincuenta años, la Alcor Life Extension Foundation ha desarrollado una tecnología que según ellos permitirá a la gente que vive en la actualidad disfrutar de un segundo ciclo vital más adelante. Hoy en día la organización almacena a 129 personas en estado de congelación para detener su deterioro biológico.

Así es como funciona la criopreservación: primero, la parte interesada cede a la fundación la póliza de su seguro de vida. A continuación, cuando esa persona muere, se avisa a Alcor, y uno de sus equipos se hace cargo del cadáver.

El equipo de inmediato transfiere el cuerpo a un baño de hielo. En un proceso conocido como perfusión crioprotectora, hacen circular dieciséis productos químicos distintos para proteger las células mientras el cuerpo se

enfria. A continuación, el cuerpo se traslada lo más rápidamente posible al quirófano de Alcor para la fase final del procedimiento. El cuerpo se enfria mediante unos ventiladores controlados por ordenador que hacen circular gas nitrógeno a una temperatura extremadamente baja. El objetivo es enfriar todas las partes del cuerpo por debajo de los $-124\text{ }^{\circ}\text{C}$ lo más rápidamente posible para evitar la formación de hielo. El proceso tarda unas tres horas, al final de las cuales el cuerpo se ha «vitrificado», es decir, alcanza un estado estable libre de hielo. En ese momento, y a lo largo de dos semanas, el cuerpo se enfria aún más hasta llegar a los $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$.

No todos los clientes escogen que se congele todo su cuerpo. Una opción más barata consiste en conservar simplemente la cabeza. La separación de la cabeza del cuerpo se lleva a cabo sobre una mesa de operaciones, donde se extraen la sangre y los fluidos, y, al igual que ocurre con los clientes que conservan su cuerpo entero, se sustituyen por líquidos que fijan el tejido.

Al final de este procedimiento, los clientes se trasladan a un líquido ultraenfriado en el interior de unos gigantescos cilindros de acero inoxidable denominados tanques Dewar. Allí es donde permanecen durante mucho tiempo; hoy en día, nadie en el planeta sabe si se conseguirá descongelar y reanimar con éxito a esos residentes congelados. Pero no es ésa la idea. La esperanza es que algún día exista la tecnología que permita descongelar –y a continuación revivir– a la gente de esa comunidad. Se supone que, en un futuro lejano, las civilizaciones dominarán la tecnología para curar las enfermedades que asolaron esos cuerpos y detuvieron su vida.

MUERTE LEGAL Y MUERTE BIOLÓGICA

Una persona se declara legalmente muerta cuando su cerebro está clínicamente muerto o su cuerpo ha experimentado un cese irreversible de la respiración y la circulación. Para que el cerebro se declare muerto, ha de haber cesado toda actividad en la corteza, que interviene en la función superior. Después de la muerte cerebral, se pueden mantener las funciones vitales para una donación de órganos o para una donación del cuerpo, un factor básico para Alcor. La muerte biológica, por otro lado, ocurre en ausencia de intervención, y afecta a todas las células del cuerpo: en los órganos y en el cerebro, y significa que los órganos ya no son adecuados para una donación. Sin el oxígeno procedente de la circulación de la sangre, las células del cuerpo rápidamente

comienzan a morir. Para conservar un cuerpo y un cerebro en su forma menos degradada, hay que detener la muerte celular, o al menos frenarla lo más rápidamente posible. Además, durante el enfriamiento la prioridad es impedir que se formen cristales de hielo, que pueden destruir las delicadas estructuras de las células.

Los miembros de Alcor son conscientes de que quizá nunca exista la tecnología para revivirlos. Cada persona que mora en un tanque Dewar de Alcor ha llevado a cabo un salto de fe, con la esperanza y la ilusión de que algún día se materializará la tecnología para descongelarlos, revivirlos y darles una segunda oportunidad en la vida. La apuesta es que el futuro desarrollará la tecnología necesaria. Una vez hablé con un miembro de la comunidad (que espera su eventual entrada en un tanque Dewar cuando llegue el momento), y reconoció que toda la idea era un envite. Pero señaló que al menos les ofrece una oportunidad, por pequeña que sea, de engañar a la muerte, lo cual siempre es mejor que nada.

El doctor Max More, que dirige el centro, no utiliza la palabra «inmortalidad». La intención de Alcor, afirma, es darle a la gente una segunda oportunidad, con el potencial de vivir miles de años o más. Hasta que llegue ese momento, Alcor es su última morada.

INMORTALIDAD DIGITAL

No todos los que pretenden alargar su vida se inclinan por la crioconservación. Otros han seguido una línea de investigación diferente: ¿y si existe otra manera de acceder a la información almacenada en el cerebro? No devolviendo la vida a un difunto, sino hallando una manera de leer directamente los datos. Después de todo, los detalles submicroscópicos de la estructura de su cerebro contienen todos sus conocimientos y recuerdos. ¿Por qué no intentar descifrar ese libro, entonces?

Fijémonos en todo lo que se necesitaría para hacerlo. En primer lugar, unos ordenadores extraordinariamente potentes para almacenar los detallados datos de cada cerebro. Por suerte, el crecimiento exponencial de nuestra capacidad computacional apunta a que las posibilidades son inmensas. En los últimos veinte años, la potencia computacional se ha

multiplicado por mil. La capacidad procesadora de los chips de ordenador se ha doblado aproximadamente cada dieciocho meses, y la tendencia continúa. Las tecnologías de nuestra era moderna nos permiten almacenar cantidades inimaginables de datos y llevar a cabo simulaciones ingentes.

Teniendo en cuenta nuestra capacidad computacional, parece probable que algún día seamos capaces de escanear una copia de trabajo del cerebro humano en un sustrato de ordenador. En teoría, no hay nada que impida esta posibilidad. No obstante, es un desafío que hay que valorar de manera realista.

Un cerebro normal posee unos ochenta y seis mil millones de neuronas, y cada una establece unas diez mil conexiones. Se conectan de manera muy específica, única para cada persona. Las experiencias, los recuerdos, todo el material que compone su yo viene representado por un patrón único de mil billones de conexiones entre sus células cerebrales. Este patrón, demasiado grande para comprenderlo, se denomina «conectoma». En una ambiciosa empresa, el Dr. Sebastian Seung, de Princeton, trabaja con su equipo para extraer los detalles precisos del conectoma.

Con un sistema tan microscópico y complejo, resulta tremendamente difícil trazar la red de conectividad. Seung utiliza la microscopia electrónica en serie, que consiste en realizar una serie de cortes muy finos del tejido cerebral utilizando una cuchilla extremadamente precisa. (En este momento se utilizan cerebros de ratón, no cerebros humanos.) Cada corte se subdivide en áreas diminutas, y cada una de éstas es examinada por un microscopio electrónico de una gran potencia. El resultado de cada examen es una foto conocida como micrografía electrónica, y representa un segmento de cerebro ampliado cien mil veces. A esta resolución es posible distinguir rasgos precisos del cerebro.

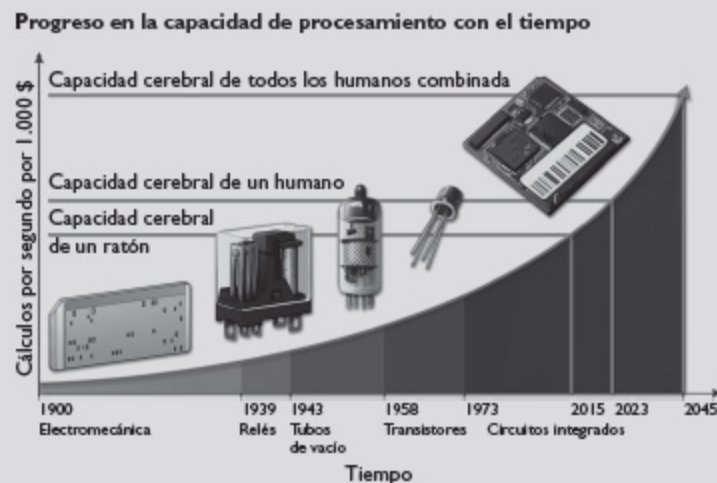
Una vez estos cortes se almacenan en el ordenador, comienza el trabajo más difícil. Tomando esos finísimos cortes de uno en uno, se dibujan los bordes de las células, tradicionalmente a mano, pero ahora cada vez más mediante algoritmos informáticos. A continuación las imágenes se colocan una encima de otra y se intenta conectar toda la extensión de células individuales a través de los cortes para que aparezcan con toda su riqueza tridimensional. Tras esta labor tan concienzuda emerge un modelo que revela qué está conectado a qué.

Estas densas conexiones que parecen espaguetis miden apenas unas

pocas mil millonésimas de metro, más o menos el tamaño de la cabeza de una aguja. No es difícil comprender por qué reconstruir la imagen completa de todas las conexiones de un cerebro humano es una tarea de enormes proporciones, y no podemos esperar llevarla a cabo en un futuro próximo. La cantidad de datos necesarios es ingente: almacenar la arquitectura de alta resolución de un solo cerebro humano exigiría una capacidad de zettabytes, que es el tamaño de todo el contenido digital del planeta en este momento.

EL RITMO DEL CAMBIO TECNOLÓGICO

En 1965, Gordon Moore, cofundador de ese gigante de los ordenadores que es Intel, realizó una predicción acerca del ritmo de avance del poder computacional. La Ley de Moore predijo que a medida que los transistores se volvieron más pequeños y más precisos, la cantidad que se podría encajar dentro de un chip de ordenador se doblaría cada dos años, aumentando el poder computacional exponencialmente a lo largo del tiempo. La predicción de Moore ha resultado cierta en las décadas transcurridas, y se ha convertido en paradigma de la aceleración exponencial de nuestro cambio tecnológico. La industria de los ordenadores utiliza la ley de Moore para guiar la planificación a largo plazo y para marcar objetivos al avance tecnológico. Como la ley pronostica que el avance tecnológico aumentará de manera exponencial y no lineal, hay quien pronostica que, al ritmo actual, en los próximos cien años se producirá un progreso equivalente a veinte mil años. A este ritmo, podemos esperar ver avances radicales en la tecnología en la que nos basamos.



Proyectándonos hacia el futuro, imaginemos que podemos conseguir un escáner de su conectoma. ¿Sería esa información suficiente para representarle? ¿Podríamos considerar que esa instantánea de todos los circuitos de su cerebro posee conciencia: *su conciencia*? Probablemente no. Después de todo, el diagrama de los circuitos (que muestra qué se conecta a qué) es sólo la mitad de la magia de un cerebro en funcionamiento. La otra mitad la compone toda la actividad eléctrica y química que tiene lugar entre esas conexiones. La alquimia del pensamiento, de la sensación, de la conciencia: todo ello emerge de miles de trillones de interacciones entre las células cerebrales a cada segundo: la producción de sustancias químicas, los cambios en la forma de las proteínas, las ondas de actividad eléctrica que recorren los axones de las neuronas.

Considere la enormidad del conectoma, y después multiplíquelo por la enorme cantidad de cosas que ocurren a cada segundo en cada una de esas conexiones, y se hará una idea de la magnitud del problema. Por desgracia para nosotros, el cerebro humano no puede comprender sistemas de esa magnitud. Por suerte para nosotros, nuestra capacidad computacional se mueve en la dirección correcta para que con el tiempo exista la posibilidad de llevar a cabo una simulación del sistema. El siguiente reto ya no es sólo leerla, sino conseguir que funcione.

Dicha simulación es exactamente la tarea que se ha propuesto un equipo de investigadores de la École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) de Suiza. Su meta es producir en 2023 una infraestructura de software y hardware capaz de ofrecer una simulación de cómo funciona la totalidad del cerebro humano. El Proyecto Cerebro Humano es una ambiciosa investigación que recoge datos de laboratorios de neurociencia de todo el mundo, lo que incluye desde datos de células individuales (su contenido y estructura) hasta datos del conectoma, pasando por información de los patrones de actividad a gran escala en grupos de neuronas. Poco a poco, experimento a experimento, cada nuevo descubrimiento que se lleva a cabo en el planeta nos aporta la diminuta pista de un puzzle titánico. La meta del Proyecto Cerebro Humano es alcanzar una simulación del cerebro que utilice neuronas detalladas, realistas en su estructura y su comportamiento.

Incluso con esta ambiciosa meta y con más de mil millones de financiación procedentes de la Unión Europea, el cerebro humano sigue estando totalmente fuera de nuestro alcance. La meta actual consiste en simular el cerebro de una rata.

Apenas estamos dando los primeros pasos a la hora de dibujar el mapa y simular un cerebro humano completo, pero no existe ninguna razón teórica que nos lo impida. La pregunta clave es: ¿poseería conciencia una simulación del cerebro que funcionara? Si los detalles se captan y se simulan correctamente, ¿tendríamos delante un ser sintiente? ¿Pensaría y tendría conciencia de sí mismo?

MICROSCOPIA ELECTRÓNICA EN SERIE Y EL CONECTOMA

Las señales procedentes del entorno se traducen en señales electroquímicas transportadas por las células cerebrales. Es el primer paso mediante el cual el cerebro accede a la información del mundo que hay fuera del cuerpo.

Seguir la densa maraña de miles de millones de neuronas interconectadas exige una tecnología especializada, así como la cuchilla más fina del mundo. Una técnica denominada «microscopía electrónica de barrido por capas en serie» genera modelos en 3D de alta resolución de trayectos neuronales completos a partir de diminutos cortes de tejido cerebral. Es la primera técnica que ofrece imágenes en 3D del cerebro en una resolución de nanoescala (la mil millonésima parte de un metro).

Como la cortadora de una charcutería, una hoja de diamante de alta precisión montada en el interior de un microscopio de barrido corta capa tras capa de un diminuto bloque de cerebro, produciendo una película en la que cada fotograma es un corte ultrafino. Cada rodaja es escaneada por un microscopio electrónico. A continuación, las imágenes se superponen digitalmente para crear un modelo en 3D de alta resolución del bloque original.

Si seguimos el dibujo que forman los cortes, surge un modelo de la maraña de neuronas que se entrecruzan y entretajan. Teniendo en cuenta que una neurona media puede medir entre cuatro y cien mil millonésimas partes de un metro de longitud y poseer diez mil ramificaciones, se trata de una tarea formidable. Se cree que se tardará varias décadas en trazar el mapa de un conectoma humano completo.

¿NECESITA LA CONCIENCIA UNA MATERIA FÍSICA?

De la misma manera que el software de un ordenador puede funcionar en distintos hardware, el software de la mente podría funcionar también en otras plataformas. Consideremos la posibilidad de este modo: ¿y si las neuronas biológicas, en sí mismas, no tienen nada de especial, y es la manera en que se comunican lo que hace que una persona sea tal como es? Este punto de vista se conoce como la hipótesis computacional del cerebro. La idea es que las neuronas, las sinapsis y el resto del material biológico no son los ingredientes críticos, sino las computaciones que llevan a cabo. Podría ser que, físicamente, el cerebro sea irrelevante, y lo importante sea lo que hace.

Si eso resulta ser cierto, entonces, en teoría, el cerebro de una rata puede funcionar en cualquier sustrato. Siempre y cuando las computaciones progresen de la manera adecuada, todos sus pensamientos, emociones y complejidades deberían surgir como producto de las complejas comunicaciones en el interior del nuevo material. En teoría, podría cambiar sus células por circuitos, o el oxígeno por electricidad: el medio no importa, siempre y cuando todas las piezas y partes se conecten e interactúen de la manera correcta. Así, podríamos ser capaces de generar una simulación de usted que funcione plenamente sin el cerebro biológico. Según la hipótesis computacional, esa simulación sería realmente usted.

La hipótesis computacional del cerebro no es más que eso, una hipótesis, y todavía no sabemos si es cierta. Después de todo, puede que la sustancia cerebral tenga algo especial que todavía no hemos descubierto, y en ese caso nos veríamos limitados por la biología con que nacemos. Sin embargo, si la hipótesis computacional es correcta, entonces la mente podría vivir dentro de un ordenador.

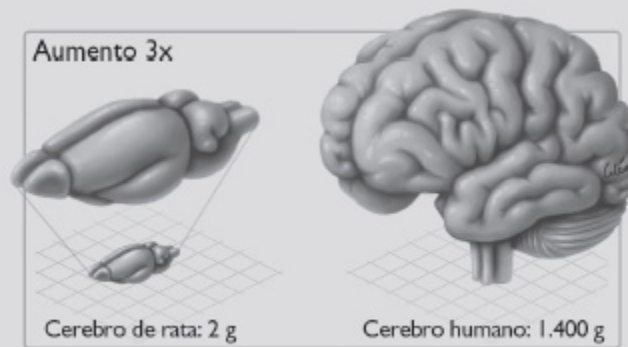
CEREBROS DE RATA

Las ratas han tenido una espantosa reputación durante gran parte de la historia humana, pero para la neurociencia moderna, la rata (y el ratón) desempeña un papel fundamental en muchas áreas de investigación. Las ratas tienen el cerebro más grande que los ratones, pero ambos guardan importantes semejanzas con el cerebro humano, en concreto, con la organización de la

corteza cerebral, la capa exterior que tan importante resulta para el pensamiento abstracto.

La capa exterior del cerebro humano, la corteza, se pliega sobre sí misma para que pueda caber más material dentro del cráneo. Si aplanáramos la corteza de un cerebro medio, cubriría 2.500 centímetros cuadrados (un mantel pequeño). El cerebro de la rata, por el contrario, es completamente liso. A pesar de estas evidentes diferencias de aspecto y tamaño, existen semejanzas fundamentales entre los dos cerebros a nivel celular.

Al microscopio resulta casi imposible distinguir la neurona de una rata de una neurona humana. Ambos cerebros poseen más o menos las mismas conexiones y pasan por las mismas fases de desarrollo. A las ratas se las puede entrenar para que lleven a cabo tareas cognitivas –desde distinguir entre diferentes aromas a encontrar el camino en un laberinto–, lo que permite que los investigadores correlacionen los detalles de su actividad nerviosa con cada tarea específica.



© Ciléin Kearns

Si resultara posible simular la mente, se plantearía una cuestión distinta: ¿tendríamos que copiar la manera biológica tradicional de producirla? ¿O sería posible crear un tipo distinto de inteligencia, de nuestra invención, partiendo desde cero?

INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Hace ya mucho tiempo que la gente intenta crear máquinas que piensen. Esa línea de investigación, la inteligencia artificial, está vigente al menos

desde la década de 1950. Si bien los pioneros iniciales estaban ebrios de optimismo, el problema se ha revelado inesperadamente difícil. Aunque pronto tendremos coches que vayan solos, y han transcurrido casi dos décadas desde que un ordenador derrotó por primera vez a un gran maestro de ajedrez, la meta de conseguir una máquina verdaderamente sintiente todavía no se ha alcanzado. Cuando yo era niño, pensaba que a estas alturas ya tendríamos robots interactuando con nosotros, que nos cuidarían y con los que mantendríamos conversaciones coherentes. El hecho de que todavía andemos muy lejos del resultado expresa la profundidad del enigma de cómo funciona el cerebro, y lo mucho que nos falta todavía para descifrar los secretos de la madre naturaleza.

Uno de los últimos intentos de crear inteligencia artificial lo encontramos en la Universidad de Plymouth, en Inglaterra. Se denomina iCub, y es un robot humanoide diseñado y pensado para aprender como un niño humano. Tradicionalmente, los robots se programan con lo que necesitan saber de sus tareas. Pero ¿y si los robots pudieran evolucionar como lo hace un niño, interactuando con el mundo, imitando y aprendiendo del ejemplo? Después de todo, los bebés no vienen al mundo sabiendo hablar o caminar, pero sí llenos de curiosidad, y prestan atención e imitan. Los bebés utilizan el mundo en el que viven como libro de texto para aprender mediante el ejemplo. ¿No podría hacer lo mismo un robot?

El iCub tiene más o menos el tamaño de un niño de dos años. Dispone de oídos, ojos y sensores del tacto, y todo eso le permite interactuar con el mundo y aprender de éste.

Si le presenta un nuevo objeto a un iCub y le da nombre («Esto es una bola roja»), el programa de ordenador correlaciona la imagen visual del objeto con la etiqueta verbal, con lo que la próxima vez que le presente la bola roja y le pregunte: «¿Qué es esto?», el robot responderá: «Esto es una bola roja.» El objetivo es que con cada interacción el robot amplíe su base de conocimiento. Al efectuar cambios y conexiones dentro de su código interno, construye un repertorio de respuestas adecuadas.

A menudo se confunde. Si le presenta y nombra varios objetos y le pide a iCub que los nombre a todos, éste cometerá varios errores y más de una vez contestará «No lo sé». Todo eso forma parte del proceso. También revela lo difícil que es construir una inteligencia.

Pasé un buen rato interactuando con iCub, y es un proyecto

impresionante. Pero cuanto más tiempo pasaba con él, más evidente era que detrás del programa no había ninguna mente. A pesar de sus grandes ojos, su voz amistosa y sus movimientos infantiles, queda claro que iCub no es un ser sintiente. Funciona mediante líneas de código, no mediante hilos de pensamiento. Y aunque todavía nos hallamos en el alba de la inteligencia artificial, resulta difícil no darle vueltas a una antigua y profunda cuestión filosófica: ¿pueden llegar a pensar las líneas de código de un ordenador? Cuando iCub dice «bola roja», ¿realmente experimenta el concepto de lo rojo o lo redondo? ¿Los ordenadores hacen simplemente aquello para lo que están programados, o en verdad poseen una experiencia interior?

¿PUEDE PENSAR UN ORDENADOR?

¿Se podrá programar alguna vez un ordenador para que posea conciencia, una mente? En la década de 1980, el filósofo John Searle ideó un experimento que aborda directamente el meollo de la cuestión. Lo denominó el Argumento de la Habitación China.

Consiste en lo siguiente: estoy encerrado en una habitación y me pasan unas preguntas a través de una pequeña ranura, unas preguntas escritas sólo en chino. Yo no hablo chino, y no tengo ni idea de lo que hay escrito en esos papeles. Sin embargo, dentro de la habitación dispongo de una biblioteca cuyos libros contienen instrucciones detalladas que me indican exactamente qué hacer con esos símbolos. Observo los grupos de símbolos, y simplemente sigo los pasos del libro que me dice qué símbolos chinos he de copiar como respuesta. Los escribo en un papel y lo paso a través de la ranura.

Cuando el sinohablante recibe mi respuesta, la comprende. Tiene la impresión de que la persona que hay en esa habitación ha contestado a sus preguntas perfectamente, y por tanto le parece evidente que esa persona ha de comprender el chino. Le he engañado, naturalmente, porque no he hecho más que seguir una serie de instrucciones y no comprendo lo que estoy escribiendo. Si dispusiera de tiempo y de una serie de instrucciones lo bastante amplias, podría contestar prácticamente cada pregunta que me formularan en chino. Pero yo, el operador, no entiendo el chino. Me paso el día manipulando símbolos, pero no tengo idea de lo que significan.

Searle afirmó que eso es lo que ocurre exactamente dentro de un ordenador. Tanto da lo inteligente que pueda parecer un programa como el de iCub: tan sólo sigue una serie de instrucciones para producir respuestas, y lo único que hace es manipular símbolos sin comprender realmente lo que hace.

Google es un ejemplo de este principio. Cuando introducimos una búsqueda en Google, éste no comprende la pregunta ni su respuesta: simplemente mueve ceros y unos en puertas lógicas y contesta con ceros y unos. Con un programa tan alucinante como Google Translate puedo pronunciar una frase en suajili y devolver la traducción en húngaro. Pero todo es algorítmico. No es más que manipulación de símbolos, igual que la persona que está dentro de la Habitación China. Google Translate no entiende nada de la frase; para el programa no tiene ningún significado.

El Argumento de la Habitación China sugiere que cuando desarrollemos ordenadores que imiten la inteligencia humana, en realidad no sabrán de qué hablan; lo que hagan no tendrá ningún significado. Searle utilizó el experimento mental para argumentar que en los cerebros humanos hay algo que no se podrá explicar si simplemente los equiparamos a ordenadores digitales. Existe una gran diferencia entre los símbolos que no tienen significado y nuestra experiencia consciente.

Sigue vivo el debate acerca de la interpretación del Argumento de la Habitación China, pero lo interpretemos como lo interpretemos, el argumento expone la dificultad y el misterio de cómo el ensamblaje de una serie de fragmentos materiales se convierte en nuestra experiencia de estar vivos en el mundo. A cada intento de simular o crear una inteligencia parecida a la humana, nos enfrentamos a una cuestión fundamental de la neurociencia todavía sin resolver: ¿cómo es posible que algo tan rico como la sensación subjetiva de ser yo, de experimentar el dolor, captar el color rojo, saborear la uva, pueda surgir de miles de millones de sencillas células cerebrales que llevan a cabo sus operaciones? Después de todo, cada célula cerebral no es más que una célula que sigue reglas limitadas y lleva a cabo sus operaciones básicas. En sí misma, no puede hacer gran cosa. Así pues, ¿cómo es posible que la suma de miles de millones acabe siendo la experiencia subjetiva de ser yo?

MAYOR QUE LA SUMA

En 1714, Gottfried Wilhelm Leibniz defendió que la materia sola nunca podría producir una mente. Leibniz era un filósofo, matemático y científico alemán al que a veces se ha calificado de «el último hombre que lo supo todo». Para Leibniz, el tejido cerebral por sí solo no podía poseer vida interior. Sugirió un experimento mental conocido hoy en día como el molino de Leibniz. Imagine un gran molino. Si lo recorriera por dentro, vería sus ejes, palancas y ruedas en movimiento, pero sería absurdo sugerir que el molino está pensando, sintiendo o percibiendo. ¿Cómo iba a enamorarse un molino, o a disfrutar de una puesta de sol? Un molino está formado simplemente de piezas y componentes. Lo mismo ocurre con el cerebro, afirmaba Leibniz. Si pudiera ampliar el cerebro al tamaño de un molino y caminar por su interior, no vería más que piezas y componentes. Nada que equivaliera a la percepción de manera indirecta. Cada pieza haría que otra pieza se moviera. Aunque anotara cada interacción, no sería ni mucho menos obvio dónde residen el pensamiento, el sentimiento y la percepción.

Cuando miramos en el interior del cerebro, vemos neuronas, sinapsis, transmisores químicos y actividad eléctrica. Vemos miles de millones de células activas que parlotean. ¿Dónde está usted? ¿Dónde están sus pensamientos? ¿Sus emociones? ¿La sensación de felicidad, el color añil? ¿Cómo es posible que esté hecho de simple materia? Para Leibniz, la mente parecía inexplicable por causas mecánicas.

¿Es posible que a Leibniz se le pasara algo por alto en su argumento? Al observar las piezas y componentes individuales del cerebro, quizá había algún truco que no advirtió. A lo mejor la analogía de caminar por el interior de un molino no es la manera acertada de abordar la cuestión de la conciencia.

LA CONCIENCIA COMO UN ATRIBUTO EMERGENTE

Para comprender la conciencia humana, a lo mejor no hemos de pensar en términos de las piezas y componentes del cerebro, sino más bien en términos de cómo interactúan esas partes. Si queremos comprender cómo

unas partes sencillas pueden dar lugar a algo más grande que sí mismas, sólo hemos de fijarnos en el hormiguero más cercano.

Las hormigas cortadoras de hojas, cuyas colonias las componen millones de miembros, cultivan su propia comida. Al igual que los humanos, son granjeras. Algunas salen del nido para buscar vegetación fresca, y cuando la encuentran, arrancan grandes trozos que transportan al nido. Sin embargo, las hormigas no se comen esas hojas, sino que las hormigas obreras, que son más pequeñas, cogen los trozos de hojas, las mastican hasta convertirlas en trozos más pequeños y las utilizan como fertilizante para cultivar hongos en grandes «jardines» subterráneos. Las hormigas alimentan los hongos, y los hongos producen una especie de pequeños frutos que las hormigas comen posteriormente. (La relación se ha hecho tan simbiótica que el hongo ya no se reproduce por sí solo, sino que depende totalmente de las hormigas para su propagación.) Utilizando esta provechosa estrategia de cultivo, las hormigas construyen enormes nidos subterráneos, algunos de los cuales abarcan centenares de metros cuadrados. Exactamente igual que los humanos, han perfeccionado una civilización agrícola.

Y ahora viene la parte importante: aunque la colonia es como un superorganismo que lleva a cabo extraordinarias proezas, cada hormiga se comporta individualmente de manera muy simple. Simplemente siguen unas reglas limitadas. La reina no imparte órdenes; no coordina las actividades desde arriba. Por el contrario, cada hormiga reacciona a señales químicas cercanas procedentes de otras hormigas, larvas, intrusos, comida, desechos u hojas. Cada hormiga es una unidad modesta y autónoma cuyas reacciones dependen sólo de su entorno más inmediato y de reglas genéticamente codificadas para esa variedad de hormiga.

A pesar de la falta de una toma de decisiones centralizada, las colonias de hormigas cortadoras de hojas muestran lo que parece ser un comportamiento extraordinariamente sofisticado. (Aparte de la agricultura, pueden realizar hazañas como encontrar la distancia máxima a todas las entradas a la colonia para deshacerse de los cadáveres, un problema geométrico sofisticado.)

La lección importante es que el comportamiento complejo de la colonia no surge de la complejidad de los individuos. Las hormigas no saben que forman parte de una civilización productiva: cada una simplemente lleva a cabo programas simples y sencillos.

Cuando se juntan suficientes hormigas, emerge un superorganismo en el que las cualidades colectivas son más sofisticadas que sus partes básicas. Este fenómeno, conocido como «emergencia», tiene lugar cuando unidades sencillas interactúan de la manera adecuada y surge algo más grande.

Lo que resulta clave es la interacción *entre* las hormigas. Y lo mismo ocurre con el cerebro. Una neurona no es más que una célula especializada, igual que otras células del cuerpo, pero con algunas especializaciones que le permiten desarrollar procesos y propagar señales eléctricas. Al igual que una hormiga, cada célula cerebral simplemente sigue su limitado programa durante toda su vida, transmitiendo señales eléctricas a lo largo de su membrana, mandando neurotransmisores cuando llega el momento y recibiendo neurotransmisores de otras células. Eso es todo. Vive en la oscuridad. Cada neurona pasa su vida inserta en una red de otras células, y simplemente responde a señales. No sabe si participa en el movimiento de los ojos para leer a Shakespeare o en el movimiento de las manos para interpretar a Beethoven. No sabe nada de nosotros. Aunque nuestras metas, intenciones y capacidades dependen por completo de la existencia de esas pequeñas neuronas, ellas viven a escala más pequeña, y no tienen conciencia de lo que construyen en su conjunto.

Pero si juntamos las suficientes células cerebrales básicas, y éstas interactúan de la manera adecuada, surge la mente.

Allí donde miremos encontramos sistemas con propiedades emergentes. Ni un solo trozo de metal de un avión posee la propiedad de volar, pero cuando los disponemos de la manera adecuada, surge el vuelo. Las piezas y componentes de un sistema pueden ser individualmente muy simples. Lo importante es cómo interactúan. En muchos casos, los propios componentes son reemplazables.

¿QUÉ SE NECESITA PARA UNA CONCIENCIA?

Aunque los detalles teóricos todavía no se han resuelto, la mente parece emerger de la interacción de miles de millones de piezas y componentes del cerebro, lo que nos lleva a una cuestión fundamental: ¿puede nacer la mente de algo que posee muchas partes que interactúan? Por ejemplo, ¿puede ser consciente una ciudad? Después de todo, una ciudad está formada por la

interacción de sus elementos. Pensemos en todas las señales que atraviesan una ciudad: cables telefónicos, líneas de fibra óptica, alcantarillas que transportan desperdicios, apretones de manos, semáforos, etc. La escala de interacción en una ciudad es pareja a la del cerebro humano. Naturalmente, sería muy difícil saber si una ciudad posee conciencia. ¿Cómo podría decírnoslo? ¿Cómo se lo podríamos preguntar?

Para responder a una pregunta como ésta hace falta otra más profunda: para que una red experimente una conciencia, ¿es necesario algo más que un número de componentes? ¿Es necesario que las interacciones posean una estructura concreta?

El profesor Giulio Tononi de la Universidad de Wisconsin investiga para contestar exactamente estas preguntas. Ha propuesto una definición cuantitativa de la conciencia. Según él, no es suficiente que haya piezas y componentes que interactúen, sino que debajo de esta interacción ha de existir cierta organización.

Para investigar la conciencia en el entorno de un laboratorio, Tononi utiliza la estimulación magnética transcraneal (EMT) para comparar la actividad del cerebro cuando está despierto y cuando está en la fase de sueño profundo (cuando, como vimos en el capítulo 1, la conciencia desaparece). Introduciendo una corriente eléctrica en la corteza, él y su equipo pueden rastrear cómo se propaga la actividad.

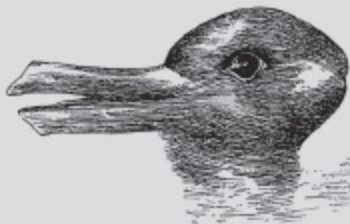
Cuando un sujeto está despierto, y plenamente consciente, un complejo patrón de actividad nerviosa se propaga desde el foco del pulso de la EMT. Unas ondas de actividad duradera se extienden a diferentes áreas corticales, revelando una conectividad que se difunde por toda la red. Por el contrario, cuando la persona está sumida en el sueño profundo, el mismo pulso de EMT estimula tan sólo una zona muy limitada, y la actividad se apaga rápidamente. La red ha perdido gran parte de su conectividad. El mismo resultado se produce cuando una persona está en coma: la actividad se propaga muy poco, pero a medida que la persona recobra la conciencia a lo largo de las semanas, la actividad se va extendiendo.

Tononi cree que ello se debe a que cuando estamos despiertos y conscientes se produce una amplia comunicación entre diferentes zonas corticales; por el contrario, el estado inconsciente del sueño se caracteriza por una falta de comunicación entre las distintas áreas. Dentro de este esquema, Tononi sugiere que un sistema consciente precisa un perfecto

equilibrio de suficiente complejidad para representar estados muy diferentes (algo que se llama diferenciación) y una conectividad suficiente para que las partes distantes de la red se mantengan en estrecha comunicación entre ellas (y a esto se le llama integración). Dentro de este esquema, se puede cuantificar el equilibrio entre la diferenciación y la integración, y él propone que sólo los sistemas que quedan dentro de una horquilla determinada experimentan la conciencia.

Si esta teoría resulta ser correcta, proporcionaría una evaluación no invasiva del nivel de conciencia de los pacientes en coma. También podría aportarnos los medios para afirmar si un sistema inanimado posee conciencia. De manera que la respuesta a la pregunta de si una ciudad tiene conciencia podría ser la siguiente: depende de si el flujo de información se organiza de una manera determinada, con la cantidad justa de diferenciación e integración.

CONCIENCIA Y NEUROCIENCIA



Imágen de dominio público

Pensemos un momento en una experiencia íntima y subjetiva: el espectáculo que ocurre exclusivamente dentro de la cabeza de cada uno. Por ejemplo, cuando muerdo un melocotón mientras contemplo un amanecer, usted no puede saber qué experimento exactamente en mi interior; sólo puede intuirlo basándose en sus propias experiencias. Mi experiencia consciente es mía, y la suya es suya. Entonces, ¿cómo se pueden estudiar utilizando un método científico?

En décadas recientes, los investigadores se han propuesto iluminar los «correlatos nerviosos» de la conciencia; es decir, qué patrones exactos de actividad cerebral están presentes cada vez que una persona tiene una experiencia concreta, y sólo cuando tiene esa experiencia.

Fijémonos en la ambigua imagen de un pato/conejo. Al igual que la mujer joven/vieja del capítulo 4, lo que resulta interesante de ella es que sólo puede experimentar una interpretación a la vez, no ambas de manera simultánea. De manera que, en los momentos en que experimenta un conejo, ¿cuál es exactamente la rúbrica de la actividad de su cerebro? Cuando pasa al pato, ¿qué hace su cerebro de manera distinta? En la página no ha cambiado nada, de manera que lo único que cambia son los detalles de la actividad cerebral que producen su experiencia consciente.

La teoría de Tononi es compatible con la idea de que la conciencia humana podría ir más allá de sus orígenes biológicos. Según esta perspectiva, aunque la conciencia evolucionó siguiendo un camino concreto que dio como resultado un cerebro, éste no tiene por qué estar hecho de materia orgánica. También podría ser de silicona, siempre y cuando las interacciones se organizaran de la manera correcta.

CARGAR LA CONCIENCIA

Si el software del cerebro es el elemento crítico de una mente –y no los detalles del hardware–, entonces, en teoría, podríamos salir del sustrato de nuestros cuerpos. Si dispusiéramos de ordenadores lo bastante potentes que simularan las interacciones de nuestros cerebros, podríamos cargarnos. Podríamos existir digitalmente como una simulación, eludiendo la sustancia biológica cerebral de la que hemos surgido y convirtiéndonos en seres no biológicos. Ése sería el salto más importante de la historia de nuestra especie, y nos lanzaría a la era de la transhumanidad.

Imagine lo que sería abandonar su cuerpo y entrar en una nueva existencia formando parte de un mundo simulado. En su existencia digital podría tener la vida que quisiera. Los programadores podrían crearle cualquier mundo virtual: mundos en los que podría volar, vivir bajo el agua o sentir los vientos de un planeta distinto. Podríamos hacer funcionar nuestros cerebros virtuales tan deprisa o tan despacio como quisiéramos, con lo que nuestra mente podría abarcar inmensos periodos de tiempo o convertir segundos de tiempo computacional en miles de millones de años de experiencia.

Un obstáculo técnico a la hora de conseguir cargar el cerebro es que el cerebro simulado podría ser capaz de modificarse a sí mismo. No sólo necesitaríamos las piezas y componentes, sino también la física de sus interacciones en curso; por ejemplo, la actividad de los factores de transcripción que viajan hasta el núcleo y provocan la expresión de los genes, los cambios dinámicos en la ubicación e intensidad de las sinapsis, etc. A menos que sus experiencias simuladas cambiaran la estructura de su cerebro simulado, sería incapaz de formar nuevos recuerdos y no tendría la sensación del paso del tiempo. En estas circunstancias, ¿tendría sentido la inmortalidad?

Si resultara posible cargar el cerebro, nos ofrecería la capacidad de alcanzar otros sistemas solares. Existen al menos cien mil millones de galaxias en nuestro cosmos, y cada una de ellas contiene cien mil millones de estrellas. Ya hemos descubierto miles de exoplanetas que dan vueltas alrededor de esas estrellas, algunos de los cuales poseen condiciones bastante parecidas a las de nuestra tierra. La dificultad reside en la imposibilidad de que nuestros cuerpos de carne y hueso actuales lleguen a alcanzar esos exoplanetas, pues es simplemente imposible que podamos viajar a esas distancias en el espacio y en el tiempo. No obstante, como puede apretar el botón de pausa de una simulación, lanzarla al espacio y reiniciarla mil años después, cuando llegue al planeta, su conciencia tendría la impresión de que en un momento estaba en la tierra, la lanzaban al exterior y al instante siguiente se encontraba en un nuevo planeta. Poder cargar el cerebro sería el equivalente a alcanzar el sueño físico de encontrar un agujero de gusano, lo que nos permitiría ir de una parte del universo a otra en un instante subjetivo.

¿YA VIVIMOS UNA SIMULACIÓN?

A lo mejor lo que usted escogería para su simulación se parecería mucho a su vida actual en la tierra, y esa idea tan sencilla ha conducido a diversos filósofos a preguntarse si no estaremos viviendo ya una simulación. Aunque esa idea parece fantástica, ya sabemos lo fácil que puede ser engañarnos para aceptar nuestra realidad: cada noche nos quedamos dormidos y

tenemos extraños sueños, y mientras soñamos, creemos a pie juntillas en la existencia de esos mundos.

Las cuestiones acerca de nuestra realidad no son nuevas. Hace dos mil trescientos años, el filósofo chino Zhuangzi soñó que era una mariposa. Al despertarse, se planteó la siguiente pregunta: ¿cómo saber si era Zhuangzi soñando que era una mariposa o si en realidad era una mariposa que soñaba ser un hombre llamado Zhuangzi?

CARGAR EL CEREBRO: ¿SIGUE SIENDO USTED?

Si los algoritmos biológicos, más que la materia física, son lo que nos hacen ser quienes somos, entonces existe la posibilidad de que algún día seamos capaces de copiar nuestro cerebro, cargarlo y vivir para siempre en silicio. Pero eso plantea una cuestión importante: ¿se guiría siendo usted? No exactamente. La copia cargada contendría todos sus recuerdos y creería que es usted quien está ahí, fuera del ordenador, en su cuerpo. Lo extraño viene ahora: si usted muriera y conectáramos la simulación un segundo más tarde, sería una transferencia. No sería distinto al teletransporte que vemos en *Star Trek*, cuando una persona se desintegra y una nueva versión se reconstruye un momento más tarde. A lo mejor cargar el cerebro no es distinto de lo que ocurre cada noche cuando se va a dormir: su conciencia experimenta una pequeña muerte, y la persona que se despierta en su lado de la cama a la mañana siguiente hereda todos sus recuerdos y cree ser usted.

El filósofo francés René Descartes se enfrentó a una versión distinta del mismo problema. Se preguntó cómo podíamos saber si lo que experimentábamos era la realidad. Para aclarar el problema, se planteó un experimento mental: ¿cómo sé que no soy un cerebro dentro de una vasija? A lo mejor alguien está estimulando ese cerebro de una manera determinada para hacerme creer que estoy aquí, tocando el suelo, viendo a estas personas y escuchando estos sonidos. Descartes concluyó que a lo mejor no había ninguna manera de saberlo. Pero también comprendió otra cosa: que existe algún *yo* en el centro que intenta resolver ese problema. Sea o no un cerebro en una vasija, estoy reflexionando sobre esta cuestión. Pienso en ello, luego existo.

EN EL FUTURO

En años venideros descubriremos más del cerebro humano de lo que podemos describir con nuestras teorías y esquemas actuales. En este momento estamos rodeados de misterios: muchos los reconocemos, y de otros ni siquiera somos conscientes. Es un campo de estudio en el que todavía nos espera un vasto mar inexplorado. Como siempre en la ciencia, lo importante es llevar a cabo experimentos y evaluar los resultados. Ya nos dirá la madre naturaleza qué enfoques nos llevan a un callejón sin salida y cuáles nos hacen avanzar en la comprensión de la cartografía de nuestra mente.

Únicamente una cosa es cierta: nuestra especie se halla tan sólo en el principio de algo, y todavía no entendemos del todo lo que es. Vivimos un momento sin precedentes en la historia, en el que la ciencia del cerebro y la tecnología evolucionan de la mano. Lo que ocurra en esta intersección está destinado a cambiar quiénes somos.

Durante miles de generaciones, los humanos han vivido el mismo tipo de ciclo vital una y otra vez: nacemos, controlamos un cuerpo frágil, disfrutamos de una pequeña franja de realidad sensorial, y luego morimos.

Puede que la ciencia nos proporcione las herramientas para superar este ciclo evolutivo. Ahora podemos entrar en nuestro propio hardware, y como resultado nuestro cerebro no tiene por qué permanecer tal como lo hemos heredado. Somos capaces de habitar nuevos tipos de realidad sensorial y nuevos tipos de cuerpos. Con el tiempo, puede que incluso seamos capaces de abandonar completamente nuestra apariencia física.

Nuestra especie apenas está comenzando a descubrir las herramientas para modelar su propio destino.

De nosotros depende lo que acabemos siendo.

AGRADECIMIENTOS

Al igual que la magia del cerebro surge de la interacción de muchas partes, el libro y la serie de televisión *El cerebro* tiene su origen en la colaboración de muchas personas.

Jennifer Beamish fue un pilar del proyecto: dirigió a los colaboradores de manera incansable, visualizó mentalmente la evolución del contenido de la serie de televisión y supo gestionar los matices de personalidades muy distintas. Beamish fue irremplazable; sin ella, este proyecto simplemente no habría existido. El segundo pilar del proyecto fue Justine Kershaw. La competencia y coraje con que Justine concibe cada uno de sus grandes proyectos, dirige una empresa (Blink Films) y gestiona a docenas de personas constituye para mí una continua fuente de inspiración. Durante la filmación de la serie televisiva, tuvimos el placer de trabajar con un equipo de directores de un enorme talento: Toby Trackman, Nic Stacey, Julian Jones, Cat Gale y Johanna Gibbon. Nunca deja de sorprenderme lo perspicaces que son ante los cambiantes patrones de emoción, color, iluminación, escenario y tono. Juntos tuvimos el placer de trabajar con expertos en el mundo visual, directores de fotografía como Duane McClune, Andy Jackson y Mark Schwartzbard. El combustible para que avanzara la serie lo proporcionaban cada día unos ayudantes de producción llenos de recursos y energía: Alice Smith, Chris Baron y Emma Pound.

Para este libro tuve el placer de trabajar con Katy Follain y Jamie Byng de Canongate Books, que lleva ya tiempo siendo una de las editoriales más valientes y lúcidas del mundo. Igualmente, es un honor y un placer trabajar con mi editor estadounidense Dan Frank de Pantheon Books, un amigo y asesor a partes iguales.

Estoy infinitamente agradecido a mis padres por su inspiración: mi padre es psiquiatra, y mi madre profesora de biología, y a ambos les encanta enseñar y aprender. Constantemente me han estimulado y alentado en mi carrera de investigador y comunicador. Aunque durante mi infancia casi nunca veíamos la televisión, procuraban que no me perdiera ningún

episodio de *Cosmos* de Carl Sagan; el origen de este proyecto se remonta a esas veladas.

Quiero dar las gracias a los brillantes y laboriosos estudiantes y alumnos de posgrado de mi laboratorio de neurociencia por haber soportado mi caótico horario durante la filmación de la serie y la escritura del libro.

Y por último, y lo más importante de todo, quiero dar las gracias a mi bella esposa Sarah por su apoyo, por animarme, por aguantarme, y por estar al pie del cañón mientras yo asumía este proyecto. Tengo la suerte de que ella cree en la importancia de esta empresa tanto como yo.

NOTAS

1. ¿QUIÉN SOY?

El cerebro adolescente y el aumento de la conciencia de uno mismo

Somerville, L. H., Jones, R. M., Ruberry, E. J., Dyke, J. P., Glover, G., y Casey, B.J. (2013), «The medial prefrontal cortex and the emergence of self-conscious emotion in adolescence», *Psychological Science*, 24 (8), pp. 1554-1562.

Cabe señalar que los autores también descubrieron que se incrementaba la intensidad de la conexión entre la corteza prefrontal medial y otra región del cerebro llamado cuerpo estriado, que, con su red de conexiones, interviene a la hora de convertir las motivaciones en acciones. Los autores sugieren que esta conectividad podría explicar por qué las consideraciones sociales influyen de manera poderosa en el comportamiento de los adolescentes y por qué es más probable que asuman riesgos en presencia de otros adolescentes.

Bjork, J. M., Knutson, B., Fong, G. W., Caggiano, D. M., Bennett, S. M., y Hommer, D.W. (2004), «Incentive-elicited brain activation in adolescents: similarities and differences from young adults», *The Journal of Neuroscience*, 24 (8), pp. 1793-1802.

Spear, L. P. (2000), «The adolescent brain and age-related behavioral manifestations», *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 24 (4), pp. 417-463.

Heatherton, T. F. (2011), «Neuroscience of self and self-regulation», *Annual Review of Psychology*, 62, pp. 363-390.

Huérfanos rumanos

Nelson, C. A. (2007), «A neurobiological perspective on early human

deprivation», *Child Development Perspectives*, 1 (1), pp. 13-18.

Los taxistas y el Knowledge

Maguire, E. A., Gadian, D. G., Johnsrude, I. S., Good, C. D., Ashburner, J., Frackowiak, R. S., y Frith, C. D. (2000), «Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers», *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 97 (8), pp. 4398-4403.

Número de células del cerebro

Téngase en cuenta también que existe el mismo número de células gliales, unos ochenta y seis mil millones, en la totalidad del cerebro humano.

Azevedo, F. A. C., Carvalho, L. R. B., Grinberg, L. T., Farfel, J. M., Ferretti, R. E. L., Leite, R. E. P., y Herculano-Houzel, S. (2009), «Equal numbers of neuronal and nonneuronal cells make the human brain an isometrically scaled-up primate brain», *The Journal of Comparative Neurology*, 513 (5), pp. 532-541.

Cálculos del número de conexiones (las sinapsis varían enormemente), aunque mil billones sería una cifra aproximada razonable, si estimamos que hay casi cien mil millones de neuronas y cada una cuenta con diez mil conexiones. Algunos tipos de neuronas poseen menos sinapsis; otras (como las células de Purkinje) pueden tener más, unas doscientas mil sinapsis cada una.

Véase también la enciclopédica recopilación de datos de «Brain Facts and Figures», de Eric Chudler: faculty.washington.edu/chudler/facts.html.

Los músicos tienen más memoria

Chan, A. S., Ho, Y. C., y Cheung, M. C. (1998), «Music training improves verbal memory», *Nature*, 396 (6707), p. 128.

Jakobson, L. S., Lewycky, S. T., Kilgour, A. R., y Stoesz, B. M. (2008), «Memory for verbal and visual material in highly trained musicians», *Music Perception*, 26 (1), pp. 41-55.

El cerebro de Einstein y el signo omega

Falk, D. (2009), «New information about Albert Einstein's Brain», *Frontiers in Evolutionary Neuroscience*, 1.

Véase también Bangert, M., y Schlaug, G. (2006), «Specialization of the specialized in features of external human brain morphology», *The European Journal of Neuroscience*, 24 (6), pp. 1832-1834.

Memoria del futuro

Schacter, D. L., Addis, D. R., y Buckner, R. L. (2007), «Remembering the past to imagine the future: the prospective brain», *Nature Reviews Neuroscience*, 8 (9), pp. 657-661.

Corkin, S. (2013), *Permanent Present Tense: The Unforgettable Life Of The Amnesic Patient*, Basic Books.

Estudio del cerebro de monjas

Wilson, R. S., et al. (2002), «Participation in cognitively stimulating activities and risk of incident Alzheimer disease», *Jama*, 287 (6), pp. 742-748.

Bennett, D. A., et al. (2012), «Overview and findings from the religious orders study», *Current Alzheimer Research*, 9 (6), p. 628.

En las muestras de sus autopsias, los investigadores descubrieron que la mitad de la gente sin problemas cognitivos mostraban señales de alguna patología cerebral, y en un tercio encontraron el umbral patológico del alzhéimer. En otras palabras, hallaron signos generalizados de enfermedad en el cerebro de los difuntos, aunque sólo la mitad de los que presentaban esas patologías habían experimentado un declive cognitivo. Para más información sobre el Estudio de las Órdenes Religiosas, véase www.rush.edu/services-treatments/alzheimers-disease-center/religiousorders-study.

El problema del cuerpo y la mente

Descartes, R. (2008), *Meditations on First Philosophy* (trad. de la edición

de 1641 de Michael Moriarty), Oxford University Press. [Trad. esp.: *Meditaciones metafísicas*, Madrid, Alfaguara, 1993, trad. de Vidal Peña García.]

2. ¿QUÉ ES LA REALIDAD?

Ilusiones visuales

Eagleman, D. M. (2001), «Visual illusions and neurobiology», *Nature Reviews Neuroscience*, 2 (12), pp. 920-926.

Gafas con prismas

Brewer, A. A., Barton, B., y Lin, L. (2012), «Functional plasticity in human parietal visual field map clusters: adapting to reversed visual input», *Journal of Vision*, 12 (9), p. 1398.

Vale la pena mencionar que después de que concluya el experimento y los voluntarios se quiten las gafas, tardan un día o dos en recuperar su competencia habitual, el tiempo que el cerebro tarda en reconfigurarlo todo.

Configurar el cerebro interactuando con el mundo

Held, R., y Hein, A. (1963), «Movement-produced stimulation in the development of visually guided behavior», *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 56 (5), pp. 872-876.

Sincronización de las señales

Eagleman, D. M. (2008), «Human time perception and its illusions», *Current Opinión in Neurobiology*, 18 (2), pp. 131-136.

Stetson C., Cui, X., Montague, P. R., y Eagleman, D. M. (2006), «Motor-sensory recalibration leads to an illusory reversal of action and sensation», *Neuron*, 51 (5), pp. 651-659.

Parsons, B., Novich S. D., y Eagleman D. M. (2013), «Motor-sensory recalibration modulates perceived simultaneity of cross-modal events», *Frontiers in Psychology*, 4 (46).

Ilusión de la máscara hueca

Gregory, Richard (1970), *The Intelligent Eye*, Londres, Weidenfeld & Nicolson.

Króliczak, G., Heard, P., Goodale, M. A., y Gregory, R. L. (2006), «Dissociation of perception and action unmasked by the hollow-face illusion», *Brain Research*, 1080 (1), pp. 9-16.

Como dato curioso, la gente que padece esquizofrenia es menos propensa a ver la ilusión de la máscara hueca:

Keane, B. P., Silverstein, S. M., Wang, Y., y Papathomas, T. V. (2013), «Reduced depth inversion illusions in schizophrenia are state-specific and occur for multiple object types and viewing conditions», *Journal of Abnormal Psychology*, 122 (2), pp. 506-512.

Sinestesia

Cytowic, R., y Eagleman, D. M. (2009), *Wednesday is Indigo Blue: Discovering the Brain of Synesthesia*, Cambridge, MA, MIT Press.

Witthoft N., Winawer J., Eagleman D. M. (2015), «Prevalence of learned graphemecolor pairings in a large online sample of synesthetes», *PLoS One*, 10 (3), e0118996.

Tomson, S. N., Narayan, M., Allen, G. I., y Eagleman D. M. (2013), «Neural networks of colored sequence synesthesia», *Journal of Neuroscience*, 33 (35), pp. 14098-14106.

Eagleman, D. M., Kagan, A. D., Nelson, S. N., Sagaram, D., y Sarma, A. K. (2007), «A standardized test battery for the study of Synesthesia», *Journal of Neuroscience Methods*, 159, pp. 139-145.

Distorsión temporal

Stetson, C., Fiesta, M., y Eagleman, D. M. (2007), «Does time really slow down during a frightening event?», *PloS One*, 2 (12), e1295.

3. ¿QUIÉN ESTÁ AL MANDO?

El poder del cerebro inconsciente

Eagleman, D. M. (2011), *Incognito: The Secret Lives of the Brain*, Pantheon. [Trad. esp.: *Incógnito. Las vidas secretas del cerebro*, Barcelona, Anagrama, 2013, trad. de Damià Alou.]

Algunos conceptos que he decidido incluir en El cerebro se solapan con material de Incógnito. Esto sucede en los casos de Mike May, Charles Whitman y Ken Parks, así como en el experimento de Yarus para seguir la mirada de la mente, en el dilema del tranvía, en la crisis de las hipotecas y en el contrato de Ulises. Al construir el andamiaje de este proyecto, esos puntos de contacto se consideraron tolerables en parte porque los temas se abordaban de manera distinta y a menudo con un propósito diferente.

Ojos dilatados y atractivo

Hess, E. H. (1975), «The role of pupil size in communication», *Scientific American*, 33 (5), pp. 110-112.

Estado de flujo

Kotler, S. (2014), *The Rise of Superman: Decoding the Science of Ultimate Human Performance*, Houghton Mifflin Harcourt.

Influencias subconscientes en la toma de decisiones

Lobel, T. (2014) *Sensation: The New Science of Physical Intelligence*, Simon & Schuster.

Williams, L. E., y Bargh, J. A. (2008), «Experiencing physical warmth promotes interpersonal warmth», *Science*, 322 (5901), pp. 606-607.

Pelham, B. W., Mirenberg, M. C., y Jones, J. T. (2002), «Why Susie sells seashells by the seashore: implicit egotism and major life decisions», *Journal of Personality and Social Psychology*, 82, pp. 469-487.

4. ¿CÓMO DECIDO?

Toma de decisiones

Montague, R. (2007), *Your Brain is (Almost) Perfect: How We Make*

Decisions, Plume.

Coaliciones de neuronas

Crick, F., y Koch, C. (2003), «A framework for consciousness», *Nature Neuroscience*, 6 (2), pp. 119-126.

El dilema del tranvía

Foot, P. (1967), «The problem of abortion and the doctrine of the double effect», reimpresso en *Virtues and Vices and Other Essays in Moral Philosophy* (1978), Blackwell.

Greene, J. D., Sommerville, R. B., Nystrom, L. E., Darley, J. M., y Cohen, J. D. (2001), «An fMRI investigation of emotional engagement in moral judgment», *Science*, 293 (5537), pp. 2105-2108.

Téngase en cuenta que las emociones son reacciones físicas mensurables provocadas por algún suceso. Los sentimientos, por otro lado, son experiencias subjetivas que a veces acompañan a esos marcadores corporales: lo que comúnmente la gente considera la sensación de felicidad, envidia, tristeza, etc.

Dopamina y recompensa inesperada

Zaghloul, K. A., Blanco, J. A., Weidemann, C. T., McGill, K., Jaggi, J. L., Baltuch, G. H., y Kahana, M. J. (2009), «Human substantia nigra neurons encode unexpected financial rewards», *Science*, 323 (5920), pp. 1496-1499.

Schultz, W., Dayan, P., y Montague, P. R. (1997), «A neural substrate of prediction and reward», *Science*, 275 (5306), pp. 1593-1599.

Eagleman, D. M., Person, C., y Montague, P. R. (1998), «A computational role for dopamine delivery in human decision-making», *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10 (5), pp. 623-630.

Rangel, A., Camerer, C., y Montague, P. R. (2008), «A framework for studying the neurobiology of value-based decision making», *Nature Reviews Neuroscience*, 9 (7), pp. 545-556.

Jueces y libertad condicional

Danziger, S., Levav, J., y Avnaim-Pesso, L. (2011), «Extraneous factors in judicial decisions», *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108 (17), pp. 6889-6892.

Emociones en la toma de decisiones

Damasio, A. (2008), *Descartes' Error: Emotion, Reason and the Human Brain*, Random House. [Trad. esp.: *El error de Descartes. La emoción, la razón y el cerebro humano*, Barcelona, Crítica, 2004, trad. de Joandomènec Ros.]

El poder del ahora

Dixon, M. L. (2010), «Uncovering the neural basis of resisting immediate gratification while pursuing long-term goals», *The Journal of Neuroscience*, 30 (18), pp. 6178-6179.

Kable, J. W., y Glimcher, P. W. (2007), «The neural correlates of subjective value during intertemporal choice», *Nature Neuroscience*, 10 (12), pp. 1625-1633.

McClure, S. M., Laibson, D. I., Loewenstein, G., y Cohen, J. D. (2004), «Separate neural systems value immediate and delayed monetary rewards», *Science*, 306 (5695), pp. 503-507.

El poder de lo inmediato se refiere no sólo a las cosas ahora mismo, sino también aquí mismo. Consideremos el escenario propuesto por el filósofo Peter Singer: está usted a punto de zamparse un sándwich, mira por la ventana y ve un niño en la acera que pasa hambre; por la mejilla descarnada le cae una lágrima. ¿Le daría el sándwich al niño o se lo comería sin más? Mucha gente se sentiría feliz de darle el sándwich. Pero ahora mismo, en África, está ese mismo niño, pasando hambre, igual que el de la esquina. Todo lo que tiene que hacer es clicar con el ratón y mandar cinco dólares, el equivalente de lo que cuesta ese sándwich. Sin embargo, lo más probable es que ni hoy, ni recientemente, haya mandado el equivalente en dinero del sándwich, a pesar de su actitud caritativa en el primer caso. ¿Por qué no ha actuado para ayudarlo? Porque el primer

escenario le pone al niño delante, y en el segundo se tiene que imaginar al niño.

Fuerza de voluntad

Muraven, M., Tice, D. M., y Baumeister, R. F. (1998), «Self-control as limited resource: regulatory depletion patterns», *Journal of Personality and Social Psychology*, 74 (3), p. 774.

Baumeister, R. F., y Tierney, J. (2011), *Willpower. Rediscovering the Greatest Human Strength*, Penguin.

Política y repugnancia

Ahn, W.-Y., Kishida, K. T., Gu, X., Lohrenz, T., Harvey, A., Alford, J. R., y Dayan, P. (2014), «Nonpolitical images evoke neural predictors of political ideology», *Current Biology*, 24 (22), pp. 2693-2699.

Oxitocina

Scheele, D., Wille, A., Kendrick, K. M., Stoffel-Wagner, B., Becker, B., Güntürkün, O., y Hürlemann, R. (2013), «Oxytocin enhances brain reward system responses in men viewing the face of their female partner», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110 (50), pp. 20308-20313.

Zak, P. J. (2012), *The Moral Molecule. The Source of Love and Prosperity*, Random House. [Trad. esp.: *La molécula de la felicidad: el origen del amor, la confianza y la prosperidad*, Barcelona, Urano, 2012, trad. de Javier Fernández de Castro.]

Decisiones y sociedad

Levitt, S. D. (2004), «Understanding why crime fell in the 1990s: four factors that explain the decline and six that do not», *Journal of Economic Perspectives*, 18 (1), pp. 163-190.

Eagleman, D. M., e Isgur, S. (2012), «Defining a neurocompatibility index for systems of law», en *Law of the Future*, Hague Institute for the Internationalisation of Law, 1, pp. 161-172.

Retroalimentación en tiempo real e imágenes cerebrales Eagleman, D. M. (2011), *Incognito. The Secret Lives of the Brain*, Pantheon. [Trad. esp.: *Incógnito. Las vidas secretas del cerebro*, Barcelona, Anagrama, 2013, trad. de Damià Alou.]

5. ¿LE NECESITO?

Leer la intención en los demás

Heider, F., y Simmel, M. (1944), «An experimental study of apparent behavior», *The American Journal of Psychology*, 57 (2), pp. 243-259.

Empatía

Singer, T., Seymour, B., O'Doherty, J., Stephan, K., Dolan, R., y Frith, C. (2006), «Empathic neural responses are modulated by the perceived fairness of others», *Nature*, 439 (7075), pp. 466-469.

Singer, T., Seymour, B., O'Doherty, J., Kaube, H., Dolan, R., y Frith, C. (2004), «Empathy for pain involves the affective but not sensory components of pain», *Science*, 303 (5661), pp. 1157-1162.

Empatía y grupos de no pertenencia

Vaughn, D. A., Eagleman, D. M. (2010), «Religious labels modulate empathetic response to another's pain», Society for Neuroscience abstract.

Harris, L. T., y Fiske, S. T. (2011), «Perceiving humanity», en A. Todorov, S. Fiske y D. Prentice (eds.), *Social Neuroscience: Towards Understanding the Underpinnings of the Social Mind*, Oxford Press.

Harris, L. T., y Fiske, S. T. (2007), «Social groups that elicit disgust are differentially processed in the mPFC», *Social Cognitive Affective Neuroscience*, 2, pp. 45-51.

Circuitos del cerebro dedicados a otros cerebros

Plitt, M., Savjani, R. R., y Eagleman, D. M. (2015), «Are corporations people too? The neural correlates of moral judgments about companies and individuals», *Social Neuroscience*, 10 (2), pp. 113-125.

Los bebés y la confianza

Hamlin, J. K., Wynn, K., y Bloom, P. (2007), «Social evaluation by preverbal infants», *Nature*, 450 (7169), pp. 557-559.

Hamlin, J. K., Wynn, K., Bloom, P., y Mahajan, N. (2011), «How infants and toddlers react to antisocial others», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108 (50), pp. 19931-19936.

Hamlin, J. K., y Wynn, K. (2011), «Young infants prefer prosocial to antisocial others», *Cognitive Development*, 26 (1), pp. 30-39. doi:10.1016/j.cogdev.2010.09.001.

Bloom, P. (2013), *Just Babies. The Origins of Good and Evil*, Crown.

La lectura de la emoción estimulando la cara de los demás Goldman, A. I., y Sripada, C. S. (2005), «Simulationist models of face-based emotion recognition», *Cognition*, 94(3).

Niedenthal, P. M., Mermillod, M., Maringer, M., y Hess, U. (2010), «The simulation of smiles (SIMS) model: embodied simulation and the meaning of facial expression», *The Behavioral and Brain Sciences*, 33 (6), pp. 417-433; discusión pp. 433-480.

Zajonc, R. B., Adelman, P. K., Murphy, S. T., y Niedenthal, P. M. (1987), «Convergence in the physical appearance of spouses», *Motivation and Emotion*, 11 (4), pp. 335-346.

En referencia al experimento de EMT con John Robinson, el profesor Pascual-Leone nos dice: «No sabemos exactamente qué ocurrió desde el punto de vista neurobiológico, pero creo que nos brinda la oportunidad de comprender qué modificaciones de la conducta, qué intervenciones podemos aprender del caso de John para poder enseñárselas a los demás.»

El bótox disminuye la capacidad de leer las caras

Neal, D. T., y Chartrand, T. L. (2011), «Embodied emotion perception amplifying and dampening facial feedback modulates emotion perception

accuracy», *Social Psychological and Personality Science*, 2 (6), pp. 673-678.

El efecto es pequeño, pero importante: las personas que usan bótox mostraron un 70 % de exactitud al identificar las emociones, mientras que la media del grupo de control fue del 77 %.

Baron-Cohen, S., Wheelwright, S., Hill, J., Raste, Y., y Plumb, I. (2001), «The “Reading the Mind in the Eyes” test revised version: A study with normal adults, and adults with Asperger syndrome or high-functioning autism», *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 42 (2), pp. 241-251.

El dolor de la exclusión social

Eisenberger, N. I., Lieberman, M. D., y Williams, K. D. (2003), «Does rejection hurt? An fMRI study of social exclusion», *Science*, 302 (5643), pp. 290-292.

Eisenberger, N. I., y Lieberman, M. D. (2004), «Why rejection hurts: a common neural alarm system for physical and social pain», *Trends in Cognitive Sciences*, 8 (7), pp. 294300.

Incomunicación carcelaria

Aparte de nuestras entrevistas con Sarah Shourd para la serie de televisión, véase también:

Pesta, A. (2014), «Like an Animal»: Freed U.S. Hiker Recalls 410 Days in Iran Prison, NBC News.

Psicópatas y la corteza prefrontal

Koenigs, M. (2012), «The role of prefrontal cortex in psychopathy», *Reviews in the Neurosciences*, 23 (3), pp. 253262.

Las zonas que se activan de manera distinta en los psicópatas son dos áreas vecinas de la parte de la línea media de la corteza prefrontal: la CPF ventromedial y la corteza cingulada anterior. Estas zonas se pueden ver habitualmente en estudios de la toma de decisiones sociales y emocionales, y en el caso de la psicopatía su intervención es menor.

El experimento de los ojos azules y los ojos castaños

Transcripción citada de *A Class Divided*, emitido originalmente el 26 de marzo de 1985. Producida y dirigida por William Peters. Escrita por William Peters y Charlie Cobb.

6. ¿QUIÉNES SEREMOS?

Número de células del cuerpo humano

Bianconi, E., Piovesan, A., Facchin, F., Beraudi, A., Casadei, R., Frabetti, F., y Canaider, S. (2013), «An estimation of the number of cells in the human body», *Annals of Human Biology*, 40 (6), pp. 463-471.

Plasticidad cerebral

Eagleman, D. M. (en prensa), *LiveWired: How the Brain Rewires Itself on the Fly*, Canongate.

Eagleman, D. M. (17 de marzo de 2015), «Can we create new senses for humans?», Conferencia TED. [Archivo de vídeo]
http://www.ted.com/talks/david_eagleman_can_we_create_new_senses_for_humans?

Novich, S. D., y Eagleman, D. M. (2015), «Using space and time to encode vibrotactile information: toward an estimate of the skin's achievable throughput», *Experimental Brain Research*, 233 (10), pp. 2777-2788.

Implantes cocleares

Chorost, M. (2005), *Rebuilt. How Becoming Part Computer Made Me More Human*, Houghton Mifflin Harcourt.

Sustitución sensorial

Bach-y-Rita, P., Collins, C., Saunders, F., White, B., y Scadden, L. (1969), «Vision substitution by tactile image projection», *Nature*, 221 (5184), pp. 963-964.

Danilov, Y., y Tyler, M. (2005), «Brainport: an alternative input to the brain», *Journal of Integrative Neuroscience*, 4 (4), pp. 537-550.

El conectoma: trazar un mapa de todas las conexiones del cerebro

Seung, S. (2012), *Connectome. How the Brain's Wiring Makes Us Who We Are*, Houghton Mifflin Harcourt.

Kasthuri, N., et al. (2015), «Saturated reconstruction of a volume of neocortex», *Cell*, 162 (3), pp. 648-661.

Crédito de la imagen del volumen del cerebro de un ratón: Daniel R. Berger, H. Sebastian Seung y Jeff W. Lichtman.

El Proyecto Cerebro Humano

The Blue Brain Project: <http://bluebrain.epfl.ch>. El equipo de Blue Brain se ha unido aproximadamente a ochenta y siete socios internacionales para impulsar en Proyecto Cerebro Humano (PCH).

Computación sobre otros sustratos

La construcción de mecanismos computacionales sobre sustratos extraños cuenta con una larga historia: en 1936, en la Unión Soviética se construyó un primitivo ordenador analógico llamado Water Integrator.

Los ejemplos más recientes de ordenador de agua utilizan microfluidos. Véase:

Katsikis, G., Cybulski, J. S., y Prakash, M. (2015), «Synchronous universal droplet logic and control», *Nature Physics*, 11 (7), pp. 588-596.

El argumento de la Habitación China

Searle, J. R. (1980), «Minds, brains, and programs», *Behavioral and Brain Sciences*, 3 (3), pp. 417-424.

No todo el mundo está de acuerdo con esta interpretación de la Habitación China. Algunos sugieren que aunque el operador no entiende chino, el sistema en su conjunto (el operador más los libros) sí entiende chino.

El argumento del molino de Leibniz

Leibniz, G. W. (1989), *The Monadology*, Springer. [Trad. esp.:

Monadología, Oviedo, Pentalfa, 1981, trad. de Julián Velarde.]

He aquí el argumento de Leibniz en sus propias palabras:

Hay que reconocer, por otra parte, que la percepción y lo que de ella depende resultan inexplicables por razones mecánicas, esto es, por medio de las figuras y de los movimientos. Porque imaginémonos que haya una máquina cuya estructura la haga pensar, sentir y tener percepción; se la podrá concebir agrandada, conservando las mismas proporciones, de tal manera que podamos entrar en ella como en un molino. Esto supuesto, una vez dentro, no hallaremos sino piezas que se impelen unas a otras, pero nunca nada con que explicar una percepción. Así pues, esto hay que buscarlo en la sustancia simple, no en lo compuesto o en la máquina. Más aún, no cabe hallar en la sustancia simple otra cosa excepto esto, es decir, excepto las percepciones y sus cambios. Y solamente en eso también pueden consistir todas las acciones internas de las sustancias simples [trad. de Julián Velarde].

Hormigas

Hölldobler, B., y Wilson, E. O. (2010), *The Leafcutter Ants. Civilization by Instinct*, WW Norton & Company.

Conciencia

Tononi, G. (2012), *Phi. A Voyage from the Brain to the Soul*, Pantheon Books.

Koch, C. (2004), *The Quest for Consciousness*, Nueva York.

Crick, F., y Koch, C. (2003), «A framework for consciousness», *Nature Neuroscience*, 6 (2), pp. 119-126.

GLOSARIO

Área tegmental ventral. Estructura compuesta de neuronas en su mayor parte dopaminérgicas localizadas en el cerebro medio. Esta tarea desempeña un papel fundamental en el sistema de recompensa.

Axón. La proyección anatómica de emisión de una neurona, capaz de conducir señales eléctricas procedentes del cuerpo celular.

Célula glial. Célula especializada del cerebro que protege las neuronas suministrando nutrientes y oxígeno, eliminando los residuos y encargándose de su mantenimiento en general.

Cerebelo. Una estructura anatómica más pequeña situada debajo de la corteza cerebral, en la parte posterior de la cabeza. Esta área resulta esencial para un control motor fluido, el equilibrio, la postura y posiblemente para algunas funciones cognitivas.

Conectoma. Un mapa tridimensional de todas las conexiones neuronales del cerebro.

Contrato de Ulises. Contrato indisoluble utilizado para vincularse a una meta futura cuando uno comprende que, llegado el momento, es posible que no posea la capacidad de llevar a cabo una elección racional.

Cuerpo calloso. Una franja de fibras nerviosas localizadas en la fisura longitudinal que se extiende entre los dos hemisferios cerebrales y que permite la comunicación entre ambos.

Dendritas. Las proyecciones anatómicas de recepción de una neurona que transportan al cuerpo celular señales eléctricas iniciadas por la liberación de un neurotransmisor en otras neuronas.

Dopamina. Un neurotransmisor cerebral relacionado con el control motor,

la adicción y la recompensa.

Electroencefalografía (EEG). Una técnica que se utiliza para medir la actividad eléctrica en el cerebro con una resolución de milisegundos, y que se lleva a cabo conectando unos electrodos conductores al cuero cabelludo. Cada electrodo capta la suma de los millones de neuronas que están debajo del electrodo. Este método se utiliza para captar cambios rápidos en la actividad cerebral de la corteza.

Enfermedad de Parkinson. Un trastorno progresivo caracterizado por dificultades en el movimiento y temblores, provocado por el deterioro de las células que producen dopamina en una estructura del cerebro medio llamada sustancia negra.

Estimulación Magnética Transcraneal (EMT). Técnica no invasiva que se utiliza para estimular o inhibir la actividad cerebral utilizando un pulso magnético que induce pequeñas corrientes eléctricas en el tejido nervioso que hay debajo. Esta técnica suele utilizarse para comprender la influencia de las áreas cerebrales en los circuitos nerviosos.

Hipótesis computacional de la función cerebral. Un marco teórico que propone que las interacciones del cerebro son computaciones, y que esas mismas computaciones, si se dieran en un sustrato diferente, de igual manera daría lugar a la mente.

Imagen por resonancia magnética funcional (IRMf). Una técnica de producción de neuroimágenes que detecta la actividad cerebral con una resolución de segundos midiendo el flujo sanguíneo en el cerebro con una resolución de milímetros.

Neurona. Célula especializada que se encuentra tanto en el sistema nervioso central como en el periférico, incluidos el cerebro, la médula espinal y las células sensoriales, y que se comunica con las demás células utilizando señales eléctricas.

Neurotransmisor. Sustancia química liberada por una neurona y que pasa a

otra, generalmente a través de una sinapsis. Se encuentra en los sistemas nerviosos central y periférico, incluidos el cerebro, la médula espinal y las neuronas sensoriales de todo el cuerpo. Las neuronas pueden liberar más de un neurotransmisor.

Operación de cerebro dividido. También conocida como callosotomía. Se corta el cuerpo calloso como medida para controlar una epilepsia que no se ha podido curar por otros medios. Esta operación elimina la comunicación entre los dos hemisferios cerebrales.

Plasticidad. La capacidad del cerebro para adaptarse creando nuevas conexiones nerviosas o modificando las ya existentes. La capacidad plástica del cerebro es importante después de una lesión a fin de compensar cualquier déficit adquirido.

Potencial de acción. Un suceso breve (1 milisegundo) en el que el voltaje que cruza una neurona alcanza un umbral, lo que provoca una reacción en cadena de intercambio de iones por toda la membrana celular. A su debido tiempo, esto provoca que se libere un neurotransmisor en las terminales del axón. También conocido como pico.

Respuesta cutánea galvánica. Una técnica que mide los cambios que se dan en el sistema nervioso autónomo cuando alguien experimenta algo nuevo, estresante o intenso, aun cuando ocurra por debajo de la percepción consciente. En la práctica, se aplica un estímulo eléctrico a la punta del dedo y se observa el cambio de las propiedades eléctricas de la piel al activarse las glándulas sudoríparas.

Sinapsis. El espacio existente entre el axón de una neurona y la dendrita de otra neurona, donde tiene lugar la comunicación entre ambas mediante la liberación de neurotransmisores. También existen sinapsis axón-axón y dendrita-dendrita.

Síndrome de la mano ajena. Trastorno que resulta de un tratamiento para la epilepsia conocido como callosotomía, en el que el cuerpo calloso se corta, lo que desconecta los dos hemisferios cerebrales; también se conoce

como operación de cerebro dividido. Este trastorno provoca movimientos de la mano unilaterales y a veces complejos sin que el paciente sienta que posee un control volitivo del movimiento.

Sustitución sensorial. Un método para compensar cualquier problema sensorial. Con este procedimiento, la información llega al cerebro a través de canales sensoriales inusuales. Por ejemplo, la información visual se convierte en vibraciones en la lengua o la información auditiva se convierte en patrones de vibración en el torso, lo que permite que el individuo pueda ver u oír.

Telencéfalo. Áreas del cerebro humano en las que se incluye la corteza cerebral, la capa ondulada y más exterior, el hipocampo, los ganglios basales y el bulbo olfativo. El desarrollo de esta área en los mamíferos superiores contribuye a una cognición y comportamiento más avanzados.

Transducción sensorial. Las señales del entorno, como los fotones (vista), las ondas de compresión del aire (oído) o las moléculas aromáticas (olfato), se convierten (transducen) en potenciales de acción gracias a células especializadas. Es el primer paso mediante el cual el cerebro recibe la información del exterior del cuerpo.

Título de la edición original:
The Brain. The Story of You

Edición en formato digital: abril de 2017

© de la traducción, Damià Alou, 2017

© David Eagleman, 2015

© EDITORIAL ANAGRAMA, S.A., 2017
Pedró de la Creu, 58
08034 Barcelona

ISBN: 978-84-339-3805-3

Conversión a formato digital: Newcomlab, S.L.

anagrama@anagrama-ed.es
www.anagrama-ed.es