



La tecnología arroja hoy nueva luz a uno de los misterios sin resolver más grandes en neurociencia, la memoria. Lejos de ser como un disco duro de gran capacidad que clasifica y almacena los recuerdos, incorruptibles, el cerebro humano se asemeja a un camión tráiler repleto de archivos que, cada vez que se recuperan, se modifican.

## Tal vez no debería fiarse de su memoria...

Texto de **Cristina Sáez** e ilustraciones de **Anna Grimal**

**A**quel 11 de septiembre del 2001, al levantarse, poco podía sospechar Elizabeth Phelps que el día iba a convertirse en una pesadilla. Que dos aviones se estamparían contra las Torres Gemelas. Que estas iban a desplomarse. Que cerca de 3.000 personas perderían la vida. Ni tampoco que, paradójicamente, el infierno que vivirían millones de estadounidenses le iba a permitir llevar a cabo el que tal vez sea uno de los mayores experimentos realizados sobre uno de los grandes misterios de la neurociencia: cómo funciona la memoria.

Nada más salir de su apartamento, situado en el sur de Manhattan, Phelps descubrió horrorizada que en uno de los edificios del World Trade Center había un gigantesco boquete humeante. Pensó que se trataba de un terrible accidente aéreo y se apresuró hacia su laboratorio, a unas manzanas de allí. Para cuando quiso llegar, otro avión había impactado contra la segunda torre que, una hora más tarde, se derrumbaría mientras Phelps contemplaba estupefacta la escena desde un despacho en la octava planta de la Universidad de Nueva York.

Como esta neurocientífica, miles de personas vivieron en directo aquella tragedia, que les dejó secuelas psicológicas, recuerdos sumamente intensos que incluso al recuperarlos ahora, trece años más tarde, les hacen revivir el pánico que sintieron entonces. Y a pesar del tiempo que ya ha pasado, siguen siendo capaces de describir con pelos y señales qué estaban haciendo aquel lunes poco antes de las nueve de la mañana, dónde, con quién, como si aquel suceso hubiera dejado una huella indeleble en sus mentes.

Eso es, de hecho, lo que durante varias décadas los psicólogos creían que ocurría, que todas aquellas experiencias que estaban asociadas a emociones intensas, positivas o negativas, quedaban registradas en nuestro cerebro como si fueran una fotografía. Desde unas vacaciones especiales en casa de la abuela, hasta un concierto de Bruce Springsteen en que el músico nos sacó al escenario o un accidente de coche.

Roger Brown y James Kulik, de la Universidad de Harvard, fueron los primeros en proponer esta teoría en 1977, después →



Sólo 11 meses después del 11-S, el 37% de los ciudadanos encuestados días después del atentado había modificado los recuerdos que decía tener de esa jornada



“Tenemos la ilusión de que nuestros recuerdos son una especie de grabaciones en vídeo, pero tienden a mezclarse y a difuminar ciertas cosas, por lo que reconstruimos partes”, dice el psicólogo Gary Marcus

→ de realizar un experimento con voluntarios sobre lo que recordaban del asesinato del presidente John F. Kennedy. Acuñaron el término “memorias flash”, en alusión a las instantáneas tomadas con una cámara al disparar el flash. Creían que aquellos eventos con mucha carga emocional quedaban grabados en nuestras células nerviosas como un instante de realidad congelado.

Y sin embargo, Brown y Kulik estaban equivocados, como también muchos de los americanos que relatarían a Phelps y a su equipo lo que vivieron aquel día. Porque por vívidos y reales que les parecieran sus recuerdos, la mayoría eran incorrectos o ¡incluso falsos! Puede que ni tan siquiera hubieran estado allí, en Manhattan, aquel fatídico día, a pesar de que su memoria les decía todo lo contrario.

#### Recuerdos maleables

El mismo 11 de septiembre del 2001, la psicóloga Elizabeth Phelps se puso en contacto con varios colegas también neurocientíficos para emprender un experimento. Durante los tres días posteriores al atentado, prepararon un cuestionario, se situaron en puntos estratégicos de siete

ciudades distintas de Estados Unidos y entrevistaron a 3.000 personas, a quienes preguntaban cómo se habían enterado del atentado y los detalles que recordaran de él. La primera entrevista la realizaron apenas una semana después del 11-S; repitieron el cuestionario a esos mismos voluntarios un año más tarde y finalmente, hace unos meses, en el 2013.

Los investigadores, estupefactos, descubrieron que sólo once meses después del suceso, el 37% de los participantes había modificado sus recuerdos y que esa cifra iba en aumento cuanto más tiempo pasaba. En algunos casos, las historias que recordaban se habían fortalecido y ganado en coherencia; pero en otros, algunos individuos incluso llegaban a afirmar que estaban en un lugar distinto cuando cayeron las torres. Parecía como si aquel recuerdo traumático se hubiera corrompido y transformado. Y sin que aquellas personas fueran conscientes de ello.

“Cada vez que recuerdas algo, tu cerebro en realidad está reconstruyendo lo que pasó”, asegura al Magazine Gary Marcus, profesor de Psicología de la Universidad de Nueva York y autor de *Kluge. La azarosa construcción de la mente humana* (Ed. Ariel, 2010). “Tenemos la ilusión de que nuestros recuerdos son una especie de grabaciones en vídeo, auténticos reflejos de lo que realmente ocurrió. Pero nuestros recuerdos tienden a mezclarse y a difuminar ciertas cosas, por lo que reconstruimos partes de aquello que no recordamos del todo”, añade.

E incluso cuando los recuerdos están muy cargados emocionalmente y tenemos la certeza de que son reales, pueden no serlo, como demostró este experimento. Aunque no hace falta ir tan lejos. Hagan la prueba y piensen en un recuerdo de su infancia; si lo comparan con el de sus hermanos o padres, puede que se lleven una sorpresa.

Y es que las emociones son un arma de doble filo, puesto que intensifican el recuerdo, pero a la vez, lo editan y modelan. Y aunque la carga emocional de algo que guardamos en la memoria nos da una mayor confianza, ello no implica mayor precisión. “Tendemos a reconstruir el pasado, para que sea consistente –afirmaban Phelps y su equipo en el estudio que publicaron en el año 2013–. Los voluntarios seguramente estaban influenciados por aquello que vieron en los medios de comunicación.

Nuestra memoria no es independiente del contexto social en que existimos”.

#### Desvelando los secretos del cerebro

Este estudio de Phelps, al que llamaron Proyecto Memoria, arroja algo de luz sobre cómo funciona la memoria humana, una cuestión que sigue siendo un misterio.

“Todo depende de cómo se mire. La entendemos [la memoria] infinitamente mejor que hace muy pocos años, pero podemos decir que en realidad seguimos sin saber gran cosa. Y en cierta manera es lógico, porque estamos hablando de la cosa más compleja que se puede estudiar, la mente humana, el cerebro y la memoria, que en el fondo es lo que nos define como personas”, cuenta Jordi Duran, bioquímico del Instituto de Investigación Biomédica de Barcelona (IRBB) e investigador asociado del Laboratorio de Ingeniería Metabólica, dirigido por Joan Guinovart.

Hasta hace muy poco, los neurocientíficos trataban de entender la memoria con experimentos en los que se analizaba el comportamiento de los voluntarios, por ejemplo, cuando aprendían algo nuevo y se observaba si las circunstancias que rodeaban la adquisición de ese nuevo aprendizaje influían en el recuerdo. Ahora, la revolución tecnológica de los últimos años ha permitido a los investigadores que se cuecen en el cerebro, y eso favorece avances fascinantes en la comprensión del aprendizaje y la memoria.

Tecnologías como las resonancias magnéticas o los PET posibilitan ver qué ocurre cuando recordamos un suceso o cuando aprendemos. Qué áreas del cerebro se activan en cada proceso. Otras técnicas muestran qué redes neuronales se generan e incluso cómo se forman los recuerdos, molecularmente hablando, en las neuronas.

A comienzos del 2013, la revista *Science* publicó un estudio de investigadores del Albert Einstein College of Medicine, de la Universidad de Yershiva (Nueva York), en el que explicaban que por primera vez en la historia habían conseguido ver en tiempo real cómo las moléculas del cerebro interaccionaban para generar un recuerdo.

¡Era un anuncio fascinante! Habían podido observar y registrar en tiempo real pequeños puntitos blancos que aparecían en las terminaciones de las neuronas y circulaban en una carretera (pueden ver el vídeo en [einstein.yu.edu](http://einstein.yu.edu)).



“Seguramente, en los próximos diez años aprenderemos muchísimo sobre el cerebro y conseguiremos desvelar cómo funciona”, asegura Paolo Carloni. Para muchos, es un optimista, pero este biofísico computacional italiano que trabaja en el Instituto de Simulación Avanzada de Alemania tiene motivos para pensar así. Lidera un importante grupo de investigación en el proyecto Cerebro Humano, promovido por la Unión Europea; una iniciativa que reúne a los mejores científicos europeos para que investiguen de manera conjunta y traten de obtener un conocimiento profundo del cerebro en acción.

En videoconferencia desde Jülich, una ciudad alemana situada a tiro de piedra de Colonia, Carloni traza la siguiente analogía respecto al estudio del cerebro, que le sugirió su amigo el profesor Klaus Schulten, de la Universidad de Illinois: “Es como si quisiéramos entender Estados Unidos. El país es tan sumamente vasto y complejo, hay tantos posibles enfoques y temas, que para poder abordar su estudio hay que dividirlo en partes pequeñas. Algunos investigadores se dedican a estudiar la distribución de la gente en el país y por estados; otros, el impacto de ciertas políticas; otros, en cambio, toman al individuo como

objeto de estudio. Y así. Una vez acaben, si ponen en común todo lo que han aprendido, podrán obtener una idea de cómo es ese país, cómo funciona. Eso mismo estamos haciendo con el cerebro”.

Quizás lo más novedoso ahora es que por primera vez se está abordando la memoria desde lo más fundamental, desde las moléculas. Porque a fin de cuentas, un recuerdo –los macarrones de la abuela, el día que cumplimos 10 años, las vacaciones en la playa, nuestro perro de la infancia...– no es más que una serie de reacciones químicas entre las moléculas de una neurona e impulsos eléctricos entre neuronas que se activan formando redes.

“Es muy excitante –resalta Carloni–. La biología molecular es una nueva manera de mirar la investigación del cerebro. Nos centramos en el nivel más fundamental, el de las proteínas encargadas de generar las señales de las neuronas, que nos va a abrir nuevos caminos sin precedentes a nuevas terapias para tratar enfermedades y también para mejorar la memoria. Ya no sirve más tener sólo una visión macroscópica de la memoria o del cerebro en general. Es esencial entender esas moléculas, porque sólo así comprenderemos cómo funciona el órgano rey”.

Por primera vez se está abordando la memoria desde las moléculas, porque un recuerdo no es más que una serie de reacciones químicas entre las moléculas de una neurona e impulsos eléctricos entre neuronas que se activan formando redes



### → Simular la realidad

Uno de los descubrimientos más recientes a escala molecular lo han realizado Jordi Duran y su equipo, del IRB Barcelona. Empezaron a estudiar la memoria un poco por casualidad. “Investigábamos una enfermedad neurodegenerativa, y eso nos llevó a entender mejor qué pasa a escala molecular en la adquisición de nuevas memorias”, cuenta este investigador. Se centraron en estudiar el papel del glucógeno, una molécula de reserva de energía que se obtiene a partir de la glucosa que ingerimos en la dieta y que es básica para el buen funcionamiento del cerebro.

Poco glucógeno comporta que las neuronas funcionen peor y se generan problemas de aprendizaje y memoria. “Tiene mucha lógica porque las transmisiones nerviosas entre células, las sinapsis, son un proceso muy costoso, ya que no deja de ser una generación de corriente”, señala Duran. Más glucógeno de la cuenta en las sinapsis también resulta un problema: es tóxico e imposibilita que se produzcan y, por tanto, recordar.

Es en este nivel donde podemos comenzar a entender problemas como la falta de memoria y, aunque de momento no se pueda ligar eso con la función cerebral, es un primer gran paso. “No se trata sólo de conocer el tipo de componentes que forman el sistema de recuerdos, extremadamente complejo, sino también de entender la forma en que interactúan entre ellos”, apunta Duran.

Y para ello se usan modelos de simulación computacional, para simular los procesos que ocurren en el cerebro y así tratar de entenderlos. Modesto Orozco, al frente del grupo de modelización molecular y bioinformática en el IRB Barcelona y uno de los principales investigadores en Europa en simulación de sistemas biológicos, explica que primero crean modelos teóricos con los que realizan predicciones acerca de cómo se comportan las moléculas. Esas predicciones las elaboran a partir de los datos aportados por las investigaciones en el laboratorio. Y a partir de ahí tratan de simular los procesos complejos que ocurren en el cerebro.

“Si llegamos a cuantificar, a racionalizar lo que es el aprendizaje y la memoria incluso, podríamos entonces hacer como Harry Potter, ponernos un USB y hacer un volcado de nuestra memoria”, afirma, provocador, Orozco; la posibilidad de atesorar

*“El ojo recoge unos 70 gigabytes de información por segundo, no tiene capacidad para procesar tal cantidad de datos, se queda con una fracción mínima”, dice el neurocientífico Luis Martínez*



nuestras memorias, todas, en un dispositivo, para poder consultarlas, recordarlas, sin que se desvanezcan en el tiempo, se antoja golosa.

### Un tráiler repleto de fotos

Si a escala molecular no se sabe bien cómo funciona la memoria, a escala morfológica se tienen ya muchas pistas acerca de qué circuitos neuronales están implicados. Por ejemplo, se conocen las áreas que están más activas en la formación y el almacenaje de recuerdos, como el hipocampo y el córtex. En el Instituto de Neurociencias de Alicante (CSIC-UMH), Luis Martínez investiga desde hace años los mecanismos de percepción del cerebro, básicos en el proceso de adquisición de información, aprendizaje y memoria. Sus descubrimientos son sorprendentes.

El neurocientífico cuenta que aunque simplificando un poco podríamos comparar el ojo humano con una cámara de fotos, cuando se trata del cerebro, este dista mucho de ser como un ordenador, como solemos pensar. “Un disco duro de un ordenador almacena fielmente la información

que recibe. No obstante, el ojo humano recoge unos 70 gigabytes de información por segundo y obviamente no tiene capacidad para procesar toda esa cantidad de datos, por lo que filtra y se queda con una fracción mínima”, explica.

Para que se hagan una idea, la conexión de ADSL que tienen en casa es de 20 megabytes, lo que quiere decir que para llegar a 70 gigabytes el ojo ha de procesar más de 3.500 veces la capacidad de transmisión de datos de nuestra conexión a internet. O lo que es lo mismo, le llegan unos tres discos Blu-ray, 18 horas de vídeo alta definición... ¡en un solo segundo!

Qué guarda y qué descarta parece que depende de dónde pongamos la atención en cada momento. Martínez, para explicar esto, suele hacer un experimento muy sencillo. Acérquense el dedo índice a un palmo de la nariz. Mírenlo fijamente. Seguramente, verán el índice claro mientras que el resto de la escena está desenfocado. Ese desenfoco es toda la información que el cerebro está descartando en ese momento, porque no es necesaria. Su foco está puesto en el dedo y son los datos que procesa y almacena.

Otra cosa que nos diferencia de las máquinas es la forma en que nuestro cerebro organiza las imágenes, los datos que recibe. El ordenador clasifica y almacena paquetitos de información en función del tipo de archivos que sean, el tamaño, el nombre que reciban, el momento en que han sido creados. Ahora bien, parece ser que el cerebro no establece orden alguno a la hora de guardar las nuevas cosas aprendidas. Es como si el cerebro fuera un tráiler de camión repleto de montañas de archivos y nuestra mente, una costurera que busca recuerdos en esa pila y trata de hilvanarlos para darles sentido.

Sorprendentemente, es capaz de hallar, en la mayoría de las ocasiones, aquello que buscamos. Y eso que los recuerdos no están ordenados ni por fecha ni por palabra clave, ni tampoco contamos con un superíndice en el que buscar. Para ello, nuestra memoria necesita *ganchos* que le ayuden a tirar de un determinado recuerdo. De ahí que sea más fácil recordar la receta de un plato si estamos en la cocina o de una anécdota de cuando íbamos al colegio en una cena con excompañeros de EGB.

“Con el gancho adecuado, eres capaz de recordar hasta un día en el patio del colegio cuando tenías seis años. Nuestros recuerdos

tiene mucha capacidad, pero no están bien organizados, de ahí que necesitemos un contexto adecuado para recuperarlos”, señala el psicólogo neoyorquino Gary Marcus, popular divulgador científico.

Esa forma de funcionar, agrega Martínez, comporta ventajas, puesto que el cerebro prioriza recuerdos y recupera aquellos que más se utilizan. Aunque también genera de vez en cuando problemas, porque cuando dos situaciones son muy similares, la memoria tiende a equivocarse. Y es más, cada vez que evocamos un recuerdo, en el fondo lo recreamos, lo modificamos. No recuperamos el recuerdo tal cual, sino que lo actualizamos, le vamos añadiendo y quitando detalles. Y cuando hay recuerdos vagos, o con lagunas, el cerebro tiende a completarlos.

“No le gustan para nada las incertidumbres. Tenemos un cerebro para los relatos, que construimos para dar consistencia a nuestra percepción del mundo y que esta sea coherente con nuestros recuerdos y experiencia previos”, explica el experto en percepción Luis Martínez. De ahí que rellene los huecos, como les ocurrió a muchos testigos del 11-S, que fueron completando la historia, sin percatarse de ello, con lo que fueron viendo en los medios de comunicación o con lo que otras personas les contaron.

Los próximos años prometen estar repletos de nuevos descubrimientos y avances. Seguramente, uno de los retos de la neurociencia en el estudio de la memoria será averiguar cómo codifica el cerebro la información que almacena.

Los ordenadores, por ejemplo, guardan los archivos con un formato determinado que es universal y que les sirve para almacenar esa información y luego poder recuperarla. Así, las fotos suelen tener un formato .jpeg, o la música, .mp3, y los documentos, .doc. ¿Y el cerebro? ¿De qué forma clasifica un recuerdo para después poder encontrarlo? ¿Tiene algún sistema de códigos? ¿Y ese código que usa es universal, se podía recuperar ese recuerdo en otros cerebros?

Si entendiéramos ese código, podríamos mejorar nuestra memoria, utilizar ordenadores más intuitivos a imagen y semejanza de nuestra mente, e incluso, tal vez, tener injertos en el cerebro. “Seguramente dentro de cien años todos llevemos uno”, vaticina Marcus. En uno de los capítulos de la serie británica *Black Mirror*, producida

*El cerebro no establece, que se sepa, orden a la hora de guardar lo aprendido, pero la memoria rebusca entre los datos cuando queremos recordar algo*



*Si se descifrara la manera cómo guarda el cerebro los datos, se podría mejorar la memoria, algo que seguramente se podrá hacer... pero aún pasarán muchos años*

por la BBC, las personas llevan incrustado un chip en el cerebro en el que se almacena cada segundo de sus vidas. ¿Se imaginan poder rebobinar y ver una y otra vez la escena que deseen? ¿O ver la memoria de su pareja o la de su hijo?...

Quizás así se acabaría con los sesgos de la memoria. Seguro que en la siguiente historia que relata Luis Martínez, del Instituto de Neurociencias de Alicante (CSIC-UMH), se sienten algo identificados: “Un matrimonio amigo mío tiene tres niños muy pequeños. Dan bastante trabajo, claro, y a menudo discuten sobre quién cambia más pañales. Él siempre cree que ha sido él, y ella está convencida de que sin duda es ella. Por suerte, ambos son neurocientíficos y saben que el cerebro recuerda lo positivo hacia ti, mientras que lo negativo lo desprecias. De ahí que ambos crean que cada uno contribuye mucho más que el otro”. Ahora ya lo saben; viendo la chapuza que es nuestra memoria y cómo inventa, cambia y manipula nuestros recuerdos, la de sesgos que tiene y la tendencia a recordar sólo lo que uno ha hecho, quizás deberían pensárselo dos veces antes de afirmar con rotundidad quién puso la última colada. ◯