

Junio 16, 2009

Mente, cerebro y memoria

José Luis Díaz

Departamento de Historia y Filosofía de la Medicina

Facultad de Medicina, UNAM

Atención pido al silencio
y silencio a la atención,
que voy en esta ocasión,
si me ayuda la memoria,
a mostrarles que a mi historia
le faltaba lo mejor.

José Hernández: *Martín Fierro*

Procesos de la memoria

De forma genérica la palabra *memoria* indica cualquier material o instrumento que permita almacenar y recuperar información. De esta manera hablamos sin dificultades de la memoria en las computadoras y, como reflejo tosco que son de la mente humana, construimos, distinguimos y podemos medir en ellas a una memoria de trabajo (RAM) de otra de almacenaje en el disco duro. De manera más restringida y específica nos referimos a la memoria como la capacidad para recordar o como la facultad por medio de la cual se recuerda (1). Esta facultad psíquica es crucial y definitiva para las personas, pues la conciencia que tienen de sí mismas se basa en buena medida en su capacidad para reconocer, en su habilidad para rememorar su pasado y en el recuento de su propia vida. Más aún, las personas recolectan no sólo vivencias personales, sino un enorme bagaje de conocimientos adquiridos, almacenados y útiles para vivir. Y si la inteligencia es una capacidad para actuar y resolver la vida, el material que utiliza para realizarlo está en buena medida en la memoria, la cual por medio de esta ruta de acción sobre el mundo se imprime en el medio y lo modifica.

Según se muestra en un trabajo reciente de la Universidad de Michigan, el entrenamiento de la memoria de trabajo en una prueba de dificultad creciente mejora ya en un lapso de dos semanas el nivel de inteligencia medido por pruebas estándar (2). Este tipo de trabajo contradice la idea que la inteligencia es un atributo innato e invariable de cada persona. Un error muy común en las novelas y en las películas que tratan sobre la amnesia es que el protagonista que la padece ha olvidado su pasado o quien es a partir usualmente de un traumatismo craneal, pero se le ve intelectualmente muy activo y eficaz investigando estos misterios, algo que no ocurre pues las personas con amnesia están en general imposibilitadas de realizar planes exitosos que necesitan de la memoria para forjarse.

El concepto más central de la memoria es el *recuerdo*, es decir la presencia en la mente de algo pasado, un ingrediente indispensable para el pensamiento y otras actividades cognitivas. De esta manera, aunque para poder conceptualizarlas y estudiarlas distinguimos y dividimos a diversas facultades cognitivas superiores, una descripción tan somera como la que aquí se hace nos revela que están interconectadas, que son indispensables para operar en conjunto y que en su interacción definen en buena medida la cognición y la conciencia pues esta capacidad de enlace es una de las propiedades fundamentales de la conciencia (3). Entre esas facultades asociadas a la memoria agregaremos también a la percepción, pues si bien es posible plantear sensaciones visuales, auditivas, táctiles u olfativas sin la participación de la memoria, la percepción se basa en el reconocimiento de los estímulos, una facultad necesariamente dependiente del almacenaje y recuperación de información. Otro tanto podríamos decir del aprendizaje, del virtuosismo para tocar un instrumento, de la solución de problemas, la toma de decisiones y en general del propio conocimiento. En efecto: la captación, el depósito y la evocación espontánea o voluntaria de experiencias, ideas, enseñanzas o aptitudes son ingredientes tan esenciales del conocimiento que bien se podría plantear a la memoria como la facultad mental más involucrada en el conocimiento y el saber. Esto es así porque muchos de los mecanismos necesarios para conocer son los mismos que intervienen en la memoria: en ambos casos se adquiere nueva información mediante el aprendizaje, esta se almacena en algún tipo de huella que eventualmente se recupera con el recuerdo para ser utilizada en otras operaciones mentales y comportamientos. De esta manera, es fácil ver porque la memoria constituye un paradigma del conocimiento y ha

constituido un tema central de la investigación cognitiva desde la aparición del concepto de procesamiento de información por los años 50.

En este escrito vamos a enfocarnos sobre la memoria en tanto capacidad o facultad de las personas de recordar y en relación a los modelos animales de esta notable potencia del sistema cerebro-mente, pues suponemos con buenas evidencias de que existen sistemas mnemónicos relativamente similares en los vertebrados dotados de un cerebro comparable a los humanos y no sólo en ellos, sino en todos los organismos vivos capaces de retención y aprendizaje. Decimos a veces que alguien tiene “memoria de elefante” aunque no sabemos si estos y otros animales de gran cerebro recuerdan como nosotros lo hacemos. En el caso de las personas hablamos alegremente de memoria en el sentido de que podemos evocar algo pasado. Esta es una definición genérica que si bien es comprensible no conduce necesariamente a un análisis más empírico del fenómeno y puede acarrear errores en su concepción. Por ejemplo, la definición sugiere que la memoria se comporta como una linterna mágica o una videograbadora interior por medio de la cual podemos revisar y visualizar algo así como conceptos, fotos o imágenes de nuestro pasado almacenadas en nuestro cerebro, una idea que también es recreada de manera falsa por el cine cuando utiliza la técnica del *memory flashback* un tipo de recuerdo-analepsis en la cual un protagonista recupera con toda precisión espaciotemporal un evento de su pasado, incluso desde un punto de vista fuera de sí mismo, para regresar al instante preciso en el que comenzó el *flashback*. Un buen ejemplo de esto es el recuerdo de Rick (Humphrey Bogart) en el clásico melodrama *Casablanca* de su romance parisino con Elsa (Ingrid Bergman). Lejos de eso, la investigación cognitiva indica que el recuerdo es la recreación, reconstrucción y aún el montaje en el tiempo presente de una representación de algo ocurrido o aprendido y que esa representación no es como una foto o una película, sino una remodelación dinámica de estímulos recibidos o experiencias vividas que ya de suyo distan de ser reflejos fieles de una realidad objetiva y concreta, sino codificaciones y construcciones de sectores calificados de los estímulos o de la experiencia (4). Es interesante observar que la técnica de *flashback memory* ha evolucionado desde los tiempos de *Casablanca* a una recuperación mucho menos clara y sustancial, como se puede ver en *Bourne Supremacy* del año 2004, dirigida por Paul Greengrass en la cual Jason Bourne (Matt Damon), exagente de la CIA tiene una amnesia retrógrada e intenta

recuperar su identidad. Aunque los recuerdos aparecen como destellos confusos, persiste el error de presentar a un amnésico dotado de extraordinarias habilidades cognitivas y conductuales.

Para lograr un mejor entendimiento de la memoria necesitamos una definición más operativa y será provechoso ofrecerla a continuación y con ello poder avanzar en la materia. De acuerdo al paradigma imperante de las ciencias cognitivas que toma al procesamiento y representación de información como el fenómeno más característico de la mente, consideramos a la memoria como el conjunto de funciones mentales que permiten retener, reconocer y evocar información. Ese conjunto organizado de funciones mentales puede desglosarse al menos en cinco grandes procesos que de manera esquemática siguen el camino de la información desde su entrada hasta su recuperación o su eliminación. A continuación se enumeran los cinco procesos esenciales de la memoria para pasar a definirlos y analizarlos de manera más precisa en los incisos siguientes:

- 1.Fuente de la información: estímulo y experiencia
- 2.Codificación de la información: consolidación y aprendizaje
- 3.Almacén de la información: huella y engrama
- 4.Recuperación de la información: recuerdo y reconocimiento
- 5.Eliminación de la información: olvido

Fuente de información: estímulo y experiencia.

La información memorable se origina de una fuente que podemos concebir como un estímulo o una experiencia. La palabra *estímulo* remite a señales provenientes del mundo o del propio cuerpo, pero puede suceder que el origen de una información sea también la propia mente, como ocurre cuando recordamos sueños, razonamientos o fantasías. La diferencia entre el estímulo y la experiencia es de enfoque más que de hecho. Hablamos de estímulos preferentemente cuando realizamos experimentos y podemos controlar la fuente de información en forma de señales, como sucede con un animal experimental sometido a una luz o al sonido de una campana para producir salivación refleja, como lo hizo Pavlov con sus famosos perros. Un estímulo es

entonces una señal concreta y definible en sus parámetros de intensidad y duración. Sin embargo la información memorable no sólo se compone de señales electromagnéticas o electroquímicas, sino que se construye como un sistema organizado de indicios y pistas las cuales están finalmente codificadas en forma de eventos mentales que denominamos experiencias.

La palabra *experiencia* (del latín *experiri* = comprobar) se refiere en su sentido más elemental al evento de haber vivido, sentido, conocido o presenciado algo. Es importante destacar en esta definición dos elementos, el primero es que se trata de un suceso de conciencia, pues es difícil concebir una *experiencia* no consciente, a diferencia de muchos estímulos que pueden ser recibidos y procesados de manera inconsciente. En este sentido podemos concebir a la experiencia como una circunstancia o acontecimiento vividos por una persona. Es por esto que ocasionalmente usamos la palabra *vivencia* como sinónimo de experiencia, con la ventaja adicional de que la vivencia sugiere de manera más apropiada un acto necesariamente dinámico más que un evento pasivo. El segundo elemento de la experiencia es que es siempre acerca de *algo*, que tiene contenido en el sentido de señal, significado o mensaje. Este contenido de la experiencia es precisamente la información que se almacena mediante el aprendizaje, se recupera, con mayor o menor fidelidad, mediante el recuerdo, o se olvida. Se trata un elemento que se considera distintivo de todo o casi todo acto mental: el hecho de que sea un evento acerca de algo, una *representación*. De esta manera la memoria desde su fuente se nos revela como un acto típicamente mental, pues la experiencia es acerca de algo. Más aún, la experiencia, como fuente de la memoria, es finalmente un acto de conocimiento pues en muchas ocasiones hablamos de la experiencia no sólo como una vivencia sino también como una forma de conocimiento derivado de la observación, la enseñanza o la práctica que proporciona una habilidad para hacer algo (5). La *experiencia* en su sentido más amplio es el conocimiento de la vida adquirido por la vivencia y rectificamos así el antiguo aserto de Aristóteles en el sentido de que no sólo la experiencia da origen a la memoria, sino a la inversa “gracias a la memoria se da en los hombres lo que llamamos experiencia” en el sentido de conocimiento útil acumulado. Aristóteles dice este famoso aserto en la primera sección de la *Metafísica* sobre la naturaleza de la ciencia y la experiencia. Cobramos de esta forma una noción nada lineal de la experiencia y de la conciencia como fuente y fruto de la memoria. La

experiencia no se reduce entonces a la captación de un objeto, como puede ser un águila volando en el cielo, sino que se construye por todo el conocimiento previo en el que el conocimiento y la memoria previos de águilas, cielos, espacios, perspectivas y demás elementos permiten en conjunto el surgimiento de la experiencia. De esta manera, puntualizamos a la conciencia como una capacidad de sentir y percatarse en relación estrecha a la atención y a la experiencia como el contenido de una representación mental en relación estrecha a la memoria.

Codificación de la información: Consolidación y aprendizaje

No todo estímulo, evento o experiencia se retiene en la memoria, sólo aquellos que se adquieren mediante una codificación que puede seguir varias rutas de asimilación. No es lo mismo el recordar o bien olvidar un evento de nuestra vida pasada, lo cual sucede muchas veces de manera automática, que el cambio del comportamiento como consecuencia de la práctica o de la instrucción. Las dos son formas de aprendizaje, pero de índole bastante distinta. En la primera forma, un solo evento es suficiente para establecer una huella memorable y es el conjunto de esas huellas lo que llega a constituir nuestra biografía subjetiva, algo que se ha denominado *memoria episódica* a partir de la propuesta de Endel Tulving (6). Es patente que la manera como se incorpora la información como consecuencia de la repetición y de la práctica tal como ocurre en el estudio de una materia académica o en la adquisición de pericia en las artes u oficios entraña mecanismos muy diferentes de aprendizaje al de la memoria episódica. En efecto, cuando se trata de almacenar datos y conocimientos sistematizados se configura la *memoria semántica* y cuando se trata de la adquisición de habilidad, pericia y virtuosismo hablamos de *memoria operativa*. Según Larry Squire de la Universidad de California en San Diego, la memoria declarativa, el “saber qué” se expresa en palabras y puede ser de índole episódica o semántica. En contraste la memoria operativa, de hábitos o procedimientos, el “saber cómo” está constituida por habilidades cognitivas, motoras, tareas y condicionamientos, se expresa en comportamientos y difícilmente en palabras (7). Una forma sencilla de comprobar esto es solicitar a una persona que describa como se amarra las agujetas, algo que realiza con prontitud y habilidad. En general la persona encuentra difícil realizar una descripción de

cómo lo hace y debe recurrir a la imaginación y aún mover las manos para recordar la serie de movimientos que sin pensar efectúa para atarse un zapato.

Aparte del advenimiento de los modelos de codificación de la información en los diversos sistemas cognitivos, la noción de aprendizaje ha sido de capital importancia ser un mecanismo medible y constituir un paradigma fundamental de la investigación científica. Usualmente concebimos al aprendizaje como el cambio duradero de un organismo en respuesta a la repetición o a la práctica y atribuimos con razón una predominancia al sistema nervioso para explicar ese cambio. Sin embargo el aprendizaje es un fenómeno biológico primordial que se presenta en casi todas las formas de vida. Por ejemplo, la forma más elemental de aprendizaje es la *habituación*, la disminución de la respuesta ante la repetición del estímulo, una capacidad esencial de la materia viva pues está ligada a la adaptación. Ahora bien, para que se establezca un cambio más permanente en el organismo y en su comportamiento en referencia al estímulo debe ocurrir otro fenómeno más complejo de asociación entre un estímulo y una respuesta. Esta asociación fue estudiada de manera célebre por el gran fisiólogo ruso, premio Nóbel de 1904, Ivan Petrovich Pavlov (1849-1936) con el nombre de condicionamiento y consta de cuatro elementos: un *estímulo incondicionado* que no requiere aprendizaje, como puede ser la comida para uno de sus perros experimentales, la *respuesta incondicionada* a ese estímulo que tampoco requiere aprendizaje, como sería la salivación ante la vista y el olfato del alimento por el perro, el *estímulo condicionado* que sí requiere aprendizaje como en este célebre ejemplo el sonido de una campana que asociado repetidamente a la aparición de la comida puede eventualmente por sí mismo evocar la salivación, la *respuesta condicionada*. Pavlov no sólo describió esta forma de condicionamiento, sino que lo atribuyó al establecimiento de un *reflejo nervioso*, es decir de una asociación entre el estímulo y la respuesta que en su teoría del aprendizaje y la memoria vendría a explicar todo el comportamiento animal, aunque en el humano los reflejos condicionados vendrían a originar un “segundo sistema de señales” para constituir el lenguaje, lo cual concibió como un salto cualitativo respecto a una *reflejología* elemental.

Simultáneamente a Pavlov se desarrollaba en Norteamérica una escuela de investigación sobre el aprendizaje animal. Los trabajos pioneros de Edward Thorndike (1874-1949), quien fue discípulo de William James, revelaron en animales los

mecanismos de incorporación de información para resolver un laberinto y establecieron las conexiones de estímulos y respuestas. Años más tarde, B. F. Skinner (1904-1990), el psicólogo conductista de Harvard, siguiendo la ruta teórica y experimental de Pavlov y de Thordike, estableció otra forma de condicionamiento más compleja a la que denominó *condicionamiento operante*. En este caso el organismo efectivamente actúa u *opera* sobre el medio para recibir una consecuencia, como sería el apretar una palanca para recibir agua o comida o para evitar un choque eléctrico. En este caso, primero es la conducta motora y luego esta puede ser reforzada mediante un premio o inhibida mediante un castigo. Skinner intentó extender este hallazgo al comportamiento humano al suponer que entre todas las conductas posibles los organismos seleccionan aquellas que les son beneficiosas o placenteras y evitan las que les son dañinas o *aversivas*. La conducta humana sería el producto de reforzamientos sean negativos o positivos. Notemos que en los dos casos el condicionamiento es asociativo, pero la *asociación* en el condicionamiento clásico de Pavlov es usualmente involuntaria o autónoma entre un reflejo incondicionado (comida-salivación) y uno condicionado (campana-salivación) en tanto que en el operante es voluntaria entre las respuestas (apretar una palanca) y las consecuencias que se derivan de ellas (premio o castigo).

En los paradigmas del condicionamiento se estudia sistemáticamente la asociación entre un estímulo y una respuesta, lo cual es una técnica necesaria para evaluarlo. Sin embargo este tipo de estudios por sí mismos no especifican de qué manera se codifica y se incorpora la información aprendida. Al respecto hay dos rutas de abordaje, una conductual-cognitiva y otra neurofisiológica. Se han generado desde antaño una serie de técnicas y conocimientos en referencia a los mecanismos de incorporación de la información. Por ejemplo se ha establecido desde obras clásicas de la retórica y “el arte de la memoria” que la asociación facilita la consolidación. La ciencia cognitiva moderna ha reiterado que se aprende mejor el material verbal si se le asocia o *engancha* con alguna imagen mental o bien se asocia la información con otra que resulte familiar. Este tipo de experimentos cognitivos no hace sino corroborar y extender lo que la antigua mnemotécnica había establecido de manera empírica, es decir los múltiples procedimientos que asocian ideas, esquemas o ejercicios a contenidos de información para facilitar su retención. Tales técnicas consisten en asociar los contenidos que quieren retenerse con emplazamientos físicos ordenados y que pueden

ser el formar palabras con las iniciales de cada palabra que se desea memorizar a la elaboración de casilleros mentales y conversiones numéricas. Un ejemplo típico es el recordar las vitaminas liposolubles A, D, K, E mediante la frase "A-Divina-Kien-Es".

La incorporación de información durante el aprendizaje se ha analizado mediante procedimientos que establecen "curvas de aprendizaje" es decir la dinámica mediante la cual se incorpora la información. A pesar de que durante un largo periodo se consideró que esta incorporación se acumula linealmente de forma suave, las investigaciones recientes han mostrado que sufre ganancias abruptas o brincos de incorporación, algo así como entendimientos súbitos que incrementan el aprendizaje escalonadamente y que varían mucho entre individuos (8). Es probable a que esto se deba al concurso de las diversas actividades mentales que intervienen y que se combinan de maneras difíciles de predecir para asegurar el aprendizaje. Se ha reiterado mediante múltiples experimentos el hecho de que otras funciones mentales como la atención, la emoción o el stress tienen una relación estrecha y compleja con la adquisición de información. Una vez más comprobamos que las distintas facultades y procesos mentales se acoplan para llevar a cabo una tarea como sería en este inciso la consolidación de la información. Entre estas capacidades, es indispensable subrayar la importancia de la atención y de la emoción en la incorporación de la información a la memoria pues los mecanismos de la atención de manera automática seleccionan de entre los estímulos aquellos que requieren procesamiento ulterior y se desentienden del resto, una forma prematura de olvido. En una segunda fase, si los estímulos continúan siendo relevantes e interesantes, deliberadamente les prestamos atención en diversos grados hasta la inmersión total en el objeto, el estado idóneo para el aprendizaje cuando las zonas del cerebro implicadas en la atención se engarzan con las involucradas en el almacén de la información (9). Otros estados fisiológicos y mentales relacionados fuertemente con el proceso de consolidación son el sueño y la emoción. Se ha probado en particular que la fase de sueño de movimientos oculares rápidos en la que ocurren los ensueños facilita o incluso se requiere para la consolidación del aprendizaje. Es muy probable que esto suceda en relación estrecha al hecho de que durante el sueño MOR ocurre un aumento considerable en la síntesis de proteínas cerebrales, como veremos pronto. De igual forma la motivación y la emoción tienen un papel predominante en la consolidación de la información. Varios investigadores mexicanos, en especial René

Drucker Colín y sus asociados, han aportado conocimiento sustancial sobre la relación entre sueño y memoria (10).

En el aprendizaje distinguimos dos acciones derivadas de la experiencia, una sucede en el interior del organismo y otra se manifiesta en su acción externa. En la investigación sobre el aprendizaje, la primera se infiere de la segunda que está a la vista del observador. Conviene hacer una distinción final entre el aprendizaje individual y el social, este último con diversas modalidades. El aprendizaje individual es el ajuste de conducta que hace un individuo a partir de una información que adquirió por sí mismo. El caso más típico es la adquisición de destreza en el movimiento. El aprendizaje social ocurre cuando el ajuste conductual sucede cuando el individuo observa a otro. El aprendizaje social puede variar desde la imitación del movimiento del otro en un enjambre, hasta el ajuste del comportamiento en una pareja de baile, la imitación cuando el aprendizaje sucede por la observación del resultado de una acción en otro y su ensayo por sí mismo. En el caso de la enseñanza, aparece un instructor y un aprendiz de una información que el primero posee y el segundo carece mediante alguna técnica de transmisión, un evento particularmente humano. Huelga decir que la imitación y la enseñanza han sido cruciales en la evolución de los homínidos.

Almacenaje de la información

Independientemente de la manera como se consolida la información, uno de los capítulos más fascinantes de la investigación de la memoria se refiere a las diversas evidencias y teorías de cómo se constituye el almacén. La propia palabra *memoria* remite a la expresión latina *memini* que significa grabar o incrustar. Se supone desde hace centurias que debe existir una huella, una traza de la información procesada previamente a la que sea posible regresar mediante la recolección o el recuerdo. En este punto en particular el problema mente-cuerpo adquiere una expresión empírica muy precisa, pues se supone que esa huella debe ser de índole física, es decir, que debe grabarse de alguna manera en el cuerpo y en particular en el cerebro para ser recuperable a la conciencia.

Desde el punto de vista de la investigación científica sobre el almacén de la información memorable también debemos distinguir varios abordajes. Uno de ellos

cuestiona sobre qué capacidad tiene el almacén, otro sobre cómo está organizado y un tercero en qué consiste la huella física de un recuerdo. En la historia de la investigación sobre la memoria, una de las primeras preguntas abordada experimentalmente es la capacidad del sistema de la memoria. En este inciso, ya desde los tiempos de William James (1842-1910) a finales del siglo XIX se distinguían dos almacenes de memoria, uno de corta y otro de larga duración. Hoy en día se establece que el almacén de corto plazo, como el que empleamos al memorizar efímeramente un número telefónico para marcarlo, es de 5 a 10 ítems. El otro almacén es el de largo plazo, aquello que podemos recordar en un periodo muy prolongado de tiempo si no es que por toda la vida. A través del tiempo esta capacidad se ha mostrado como más y más grande. En la actualidad podríamos decir que es virtualmente ilimitada. Más que citar experimentos particulares vale la pena mencionar el curioso paralelismo entre un cuento de Jorge Luis Borges llamado “Funes el memorioso” y un caso clínico referido de hipermnnesia por el conocido neuropsicólogo soviético Alexander Luria (1902-1977). Y si bien Borges inventó un personaje incapaz de olvidar y que retenía toda la información vivida, Luria relató el caso de “S” precisamente con esa anomalía cognitiva. Vale la pena mencionar que, con el ánimo de conseguir un récord Guinness, el indú Rajan Mahadevan recitó de memoria 31,811 decimales del número pí (3.1416...) por 3 horas y 49 minutos consecutivos sin cometer ningún error. Fue rebasado en 1987 por el japonés Hideaki Tomoyoni quien memorizó 40,000 dígitos (9).

Ahora bien en referencia a la organización del depósito, se sabe que el almacenaje a largo plazo de la memoria semántica de hechos y datos, lejos de ser un acopio amorfo de información, se encuentra finamente estructurada mediante el ordenamiento de los significados (11). Mediante esta organización no sólo es posible el archivo y el recuerdo, sino la adquisición de nuevos conocimientos al ligar la información con la que ya está organizada en la memoria. La memoria se ordena de manera similar al sistema para instalar una biblioteca lo cual hace posible encontrar un libro particular entre otros miles, en este caso un recuerdo específico en el sorprendente lapso de milisegundos en el que ocurre. Aunque útil, el símil es imperfecto pues en todo caso la memoria sería como una biblioteca en renovación constante, no sólo de ítems sino de criterios de almacenamiento. En cualquier caso el depósito de información se realiza mediante la categorización siguiendo un orden particular según las

características comunes de los ítems. En efecto, la memoria semántica de largo plazo está conformada por subconjuntos de significado afín, algo que la ciencia cognitiva denomina *campos semánticos*. Se trata de conjuntos de palabras o conceptos que tienen un rasgo de significado en común, como podrían ser *hospital, jeringa, enfermera, quirófano, galeno*. Como se puede ver, en la estructuración de los campos semánticos intervienen factores extra-lingüísticos de tipo cultural o histórico.

La noción de campo semántico ha resultado muy útil para comprender mejor no sólo la forma de almacenamiento, sino también la adquisición, pues los ítems se almacenan en conexión con otros previamente depositados y dependen de la historia del sistema. De igual forma se sabe que la recuperación de un ítem es más rápida y eficiente si se ha utilizado recientemente un concepto del mismo campo semántico. Se sabe también que el aprendizaje de un ítem en particular y su almacén es dependiente del contexto y que la “fuerza” del ítem en términos de la facilidad, viveza y persistencia del recuerdo es mayor cuanto mayor sea el número de asociaciones que establezca.

La memoria de largo plazo no se limita a conceptos, sino que existe una poderosa memoria para las imágenes que ha sido menos explorada. Sin duda podemos evocar imágenes precisas durante décadas, aún sin necesidad de nombrarlas, pero hasta hace poco no se conocía la fidelidad o la capacidad de este almacén. Recientemente el grupo de ciencias cerebrales y cognitivas del MIT analizó esta cuestión mostrándole a 14 sujetos voluntarios 2500 imágenes de objetos a razón de 3 imágenes por segundo durante 5.5 horas. Las imágenes aparecían en pares de objetos diferentes (una taza y un plato, por ejemplo), dos objetos de la misma categoría (dos tazas distintas) o un solo objeto en dos situaciones (la misma taza llena y a medio llenar). Al terminar la serie se examinaba el recuerdo de los sujetos mostrándoles estos y otros pares de imágenes y preguntándoles cuáles habían visto. La fidelidad del recuerdo fue extraordinaria: 92% para las comparaciones fáciles, 88% para las intermedias y 87% para las difíciles (12). De esta manera podemos afirmar que la memoria visual humana tiene una capacidad de almacenamiento masiva y sumamente precisa para el detalle, lo cual contradice la noción de que la memoria es bastante imprecisa aunque refuerza la idea de que existen sistemas mnemónicos de capacidades diferentes.

En relación a pregunta referente a la naturaleza de la huella de la memoria, el tema ha sido abordado de manera extensa por la neurociencia y requiere un inciso aparte, como lo emprendemos ahora.

En busca del engrama

Se ha repetido que la memoria es el Santo Grial de la neurociencia (13). En efecto, la neurociencia se ha abocado por décadas a tratar de identificar el *engrama*, es decir la huella cerebral de un ítem particular de información almacenada con el aprendizaje y recuperada con el recuerdo. De esta forma, desde el pionero de esta investigación, el psicólogo Karl Lashley (1890-1958), la pregunta clave para la neurociencia cognitiva de la memoria ha sido y sigue siendo la siguiente: ¿qué es y dónde está el engrama? “*En busca del engrama*” es precisamente el título del libro clásico de Lashley. Puede leerse la historia inicial de la búsqueda en Hydén (14) y la más reciente en Kandel (15). El término y su sentido fueron sugeridos por el biólogo naturalista alemán Richard Semon (1859-1918) tomando del griego la idea de una letra (*gramma*) que se escribe *en* el cerebro. Es interesante anotar que Semon era partidario de un paralelismo psicofísico según el cual cada acto mental debe corresponder con un proceso neurológico y de esta manera concibió que *mneme*, o sea la memoria, debe tener un trazo que se registra o se graba en “la sustancia irritable” del cerebro. Aunque el libro inicial de Semon es difícil de ubicar, sus ideas fueron revaloradas en 2001 por Daniel Schacter (16).

A lo largo del tiempo han ocurrido múltiples teorías sobre la naturaleza del engrama y esto, aunado a una acumulación extraordinaria de experimentos relevantes pero claramente distintos en enfoque y nivel de análisis, ha producido cierta confusión en el campo de su estudio. Sin embargo hoy en día es posible esclarecer que se han producido diversas teorías y originado numerosos experimentos que usualmente inciden sobre un nivel específico de la jerarquía del sistema neuropsicológico. La idea de una organización piramidal de niveles anatómo-funcionales en el cerebro ha sido expuesta recientemente (3, 17) y los niveles propuestos son: molecular, celular, intercelular, modular, orgánico y orgánsmico. De esta forma, se ha informado que el aprendizaje y la memoria afectan cada uno de los niveles de la jerarquía de organización del sistema

nervioso y el cerebro. A continuación resumiré de manera muy esquemática un enorme cúmulo de datos sobre la neurofisiología de la memoria agrupándolos en los diferentes niveles de organización del cerebro empezando por el más básico, el molecular, y terminando con el más integral, que es el organismo entero. La idea de los niveles del engrama fue presentada en un trabajo antes citado (17). Para una revisión más extensa de la investigación sobre el engrama véase a Díaz (18) y más recientemente a Squire y Kandel (19) y a Kandel (15).

A nivel molecular, en el que debemos considerar de manera destacada a los compuestos químicos del cerebro involucrados en la transmisión de la información nerviosa, como son los neurotransmisores y los receptores, se ha demostrado que el aprendizaje modifica los niveles, la liberación o el recambio de neurotransmisores y neuromoduladores, una modificación cuantitativa de la función nerviosa. Algunos de los neurotransmisores parecen estar muy involucrados en la memoria, como es el caso de la acetilcolina. Parte de la evidencia es que los fármacos que bloquean la transmisión colinérgica producen una disminución importante en varias funciones mnemónicas, como la escopolamina, el alcaloide psicoactivo de plantas solanáceas que inducen amnesia y delirio como el toloache mexicano y la mandrágora europea. A la inversa, algunos fármacos que favorecen la transmisión colinérgica, como los inhibidores de la acetilcolinesterasa que previenen la destrucción de la acetilcolina o los precursores de esta amina son útiles en trastornos de la memoria como el Alzheimer.

Durante una época fue muy llamativo el hecho no sólo cuantitativo sino cualitativo de que algunos aprendizajes particulares involucran la formación de nuevas especies de macromoléculas en el cerebro. Este sería el caso de las planarias caníbales que aprendían con mayor rapidez la resolución de un laberinto después de ingerir a otras planarias que ya lo habían aprendido, un dato correlacionado con la formación de nuevas especies de RNA cerebral (14). Se puede invocar también el asunto más reciente de una molécula, llamada escotofobina, asociada a la evasión de un espacio oscuro en el que la rata aprende a no entrar una vez que allí ha recibido un choque eléctrico.

Una línea muy abundante de investigación implica que la síntesis de proteínas es necesaria para la consolidación de una memoria a largo plazo. A su vez, la síntesis de proteínas depende de los mecanismos de expresión genética a partir del DNA y que usan al RNA como mensajero. Recientemente se ha probado que ciertos tratamientos

químicos que afectan la expresión genética para la síntesis de proteínas activan el aprendizaje en roedores, aún cuando estos presenten deficiencias genéticas de memoria (20). Uno de los objetivos de la investigación epigenética es lograr encontrar un tratamiento que haga reversibles las lesiones cognitivas de padecimientos como el Alzheimer. Este tipo de investigación abre las puertas para hacer lógicamente posible la trama de la película de neurociencia ficción *Charly* en la que una sustancia revierte un retardo mental hasta la genialidad, aunque de manera trágicamente reversible y efímera. La película, dirigida en 1968 por Ralph Nelson se basaba en el cuento “Flowers for Algernon” de Daniel Keyes, quien realizó el guión junto a Stirling Silliphant.

A nivel celular se han esclarecido diversos mecanismos plásticos de las neuronas que son necesarios para que ocurra la memoria. La hipótesis más antigua y que ha sido debidamente comprobada fue del gran pionero de la neurociencia contemporánea Santiago Ramón y Cajal quien especuló genialmente en el siglo XIX que los recuerdos se deberían al fortalecimiento de las uniones que él había descubierto entre las neuronas y que fueron denominadas sinapsis por Charles Sherrington. Usualmente se acredita al psicólogo canadiense Donald Hebb como el originario de esta hipótesis y ciertamente la elaboró de manera más detallada en 1949. Hay al menos dos tipos de evidencias experimentales a favor de esta hipótesis de fortalecimiento de ciertas sinapsis durante el aprendizaje. El primero se ejemplifica con el admirable trabajo en la Universidad Columbia del psiquiatra norteamericano de origen vienés Eric Kandel y que le mereció el premio Nóbel en el año 2000. Kandel demostró que la amplificación del reflejo de protección de la liebre de mar (*Aplysia californica*) es debido a una facilitación de las sinapsis que conectan neuronas sensoriales con motoras (véase 15, páginas 187-197). El uso de organismos simples para analizar comportamientos complejos ha sido esencial para el progreso de la neurofisiología y en este caso la liebre de mar aclaró algunos de los mecanismos íntimos de esa facilitación. Por ejemplo, la memoria a corto plazo que evoca un estímulo débil depende de la entrada de calcio y de la consecutiva liberación del transmisor, en tanto que la memoria a largo plazo evocada por un estímulo más potente aumenta y fortalece ciertos eventos moleculares post-sinápticos.

El cambio plástico del aprendizaje no se limita al fortalecimiento o facilitación de ciertas sinapsis, sino a la proliferación de nuevas conexiones entre neuronas. Existe un gran cúmulo de evidencia de sinaptogénesis asociada a la adquisición de

información, incluso en tiempo real, de tal manera que se puede asegurar que con la lectura de estas líneas ocurren nuevas sinapsis en el cerebro del lector, en especial si los conceptos, como se pretende, van a ser recordados. Más aún, a partir de evidencias obtenidas por el investigador argentino Fernando Nottebohm en la Universidad Rockefeller en pájaros adultos que producen nuevas neuronas cada estación de apareamiento para cantar, se ha abierto la sensacional posibilidad de neurogénesis en respuesta al entrenamiento o al aprendizaje. Existen ya algunas evidencias que esto ocurre en especial durante la potenciación a largo plazo, un modelo de memoria según el cual la estimulación repetida de ciertas células del hipocampo produce en sus vías una potenciación funcional al parecer permanente (21).

El fenómeno fisiológico conocido como potenciación a largo plazo, se debe a la liberación repetida de glutamato a partir de neuronas presinápticas y la inducción de sensibilidad en la neurona post-sináptica a este transmisor excitatorio. Todos estos cambios fortalecen las conexiones sinápticas y apoyan decididamente la hipótesis de Cajal y Hebb. Al hablar de conexiones sinápticas reforzadas nos situamos ya en el nivel intercelular de análisis cerebral, aunque este sería el más elemental, pues este nivel tiene su mejor expresión anatómica y funcional en los conjuntos de conexiones y en las redes neuronales. Uno de los discípulos de Cajal, Rafael Lorente de Nó demostró que existen circuitos de retro-información entre neuronas, lo cual dio origen a la hipótesis de la producción de circuitos reverberantes y sistemas de retroacción o *feedback* interneuronal como engramas de memoria. Además de la demostración de sinaptogénesis como consecuencia del aprendizaje en las vías estimuladas, se ha mostrado experimentalmente la producción de nuevos circuitos reverberantes.

A nivel modular, es decir en referencia a los diversos núcleos y zonas cerebrales particulares, se han comprobado repetidamente modificaciones en talla, composición química o textura fina de núcleos y módulos como el hipocampo, el cuerpo caudado, el cerebelo y otros más en relación al aprendizaje y la memoria. Este tipo de modularidad o localización nerviosa de ítems de la memoria no es del todo certero y depende del tipo de información procesada y almacenada. Por ejemplo, el condicionamiento aversivo de una sola prueba que presenta la rata sometida a un choque eléctrico cuando se introduce en un compartimiento oscuro de una jaula experimental depende de la integridad del núcleo caudado, aunque si el estímulo es suficientemente intenso abarca ya a otros

módulos. La extensa investigación del mexicano Roberto Prado sobre el engrama de este modelo de memoria puede consultarse en un libro de hace unos años (22). Por otra parte se sabe que diversas memorias de procedimiento se almacenan en el cerebelo. Un caso especial de localización de un engrama ha sido demostrado por Richard Thompson para el parpadeo condicionado del conejo en el núcleo interpósito del cerebelo (23) una conducta sumamente localizada y específica para un estímulo.

En este nivel de investigación concerniente al papel de módulos particulares del cerebro es necesario mencionar la espectacular evidencia que han provisto casos clínicos como el de un paciente que fue estudiado durante décadas por el grupo de neuropsicólogos de la universidad de McGill. Se trata de H. M cuyo hipocampo le fue extraído quirúrgicamente en 1953 para tratar una epilepsia. El caso de H.M. es uno de los más célebres en la historia de la neuropsicología. Pueden verse descripciones e interpretaciones de su padecimiento en Ramachandran (13) y Kandel (15). La epilepsia en efecto fue eliminada, pero a raíz de la destrucción de su hipocampo, H. M. resultó con una incapacidad para formar memorias a largo plazo, aunque recordaba por periodos cortos. La incapacidad incluía hechos, nombres e imágenes asociados a la memoria declarativa. Sus recuerdos de antes de la operación permanecieron intactos, es decir sufrió una amnesia anterógrada, a partir de la lesión. Las otras funciones mnemónicas y cognitivas de H. M. permanecieron intactas. De este caso y otros similares es posible inferir que el hipocampo es necesario para la formación de memorias a largo plazo a partir de las de corto plazo pero que no es el sitio de almacenaje y que no participa de la memoria operativa y de procedimientos. Un artículo reciente de *National Geographic* debido a Joshua Foer (24) y dedicado a la memoria presenta de manera amena e informada varios casos actuales de pacientes con trastornos cerebrales que afectan la memoria. Otro tipo de indagación se refiere a los recuerdos emotivos y en este inciso destaca la investigación de Joseph LeDoux sobre el papel de los núcleos amigdalinos del lóbulo temporal en las respuestas condicionadas de miedo en la rata (25).

A nivel intermodular, referente a la conexión entre diversos módulos, se puede afirmar que hay sistemas de módulos y partes organizadas del cerebro particularmente involucrados en la memoria. El más importante de esos sistemas es el lóbulo temporal del cerebro que incluye el hipocampo y las cortezas perirrinal, entorrinal y

parahipocampal adyacentes. El lóbulo temporal interviene en la memoria declarativa, es decir en el recuerdo consciente de hechos y eventos así como en el proceso de consolidación. Es ilustrativo mencionar que la evidencia inicial sobre el papel del lóbulo temporal fue obtenida de manera dramática por el neurocirujano canadiense Wilder Penfield (1891-1976) al estimular diversas partes del cerebro humano en pacientes epilépticos mientras se encontraban conscientes en su mesa de operaciones para ser sometidos a un procedimiento quirúrgico. A diferencia de los resultados de activar otras localidades que lo llevaron a establecer el mapa somatotópico del cuerpo en el cerebro, la estimulación del lóbulo temporal evocaba el recuerdo vívido de experiencias, prácticamente la alucinación de una huella mnésica.

A nivel orgánico debemos relatar las evidencias de modificación en el tamaño y configuración del cerebro por la experiencia. Más que subrayar el papel de ciertas estructuras o módulos, las teorías y las evidencias en relación al cerebro como un todo ponen en relevancia principios de plasticidad cerebral no localizados. Ha ocurrido a lo largo del tiempo una intensa controversia entre las versiones localizadas y distribuidas de la memoria y el engrama (3, 7, 22). Es su libro de 1939 *"In search of the engram"* Karl Lashley abogaba, luego de múltiples experimentos de ablación de partes del cerebro de ratas en el aprendizaje de un laberinto, por un principio de potencialidad equiparable del tejido cerebral, es decir que la memoria de esta tarea particular podía estar sujeta a sustitución de lugar y a una extensa representación. Defendía en consecuencia un "principio de acción de masa" en vista que obtenía una reducción del aprendizaje en función de la cantidad de tejido destruida. Algunas hipótesis contemporáneas tienen también un aroma de distribución más que de localización de la información aprendida. Por ejemplo, la hipótesis holográfica del neurofisiólogo checo-norteamericano Karl Pribram (26) implicaría una representación distribuida de la información de manera parecida a lo que ocurre con el holograma en el cual una parte puede codificar la información de la totalidad. Según el neurocientífico catalán Joaquín Fuster (27) existen caminos y redes organizadas jerárquicamente en la corteza cerebral para la representación cognitiva. En esta interesante teoría las memorias particulares se conciben como redes corticales asociativas que trabajan sincrónica y sinérgicamente mediante el fortalecimiento de sus sinapsis. Una serie de hipótesis y evidencias experimentales de codificación en redes funcionales móviles y de re-alambrado

también han dado origen a teorías asociativas en redes y la idea de una representación distribuida es característica del paradigma de la ciencia cognitiva llamado conexionismo que floreció en la década de los 80s con una manifestación particular en las ciencias del cómputo mediante los sistemas de programación distribuida en paralelo (PDP).

En este inciso del cerebro tomado como un todo en referencia a la memoria y a la experiencia es importante destacar otros dos tipos de evidencias experimentales. La primera se refiere a experimentos clásicos realizados por el grupo de Mark Rosezweig (28) en la Universidad de California desde los años 70. El experimento es de una elegante simpleza: se colocan a ratas de laboratorio en dos tipos de ambientes, unas solitarias en jaulas sin aditamento alguno y a otras en grupos y en un medio ambiente enriquecido con juegos, objetos y ruedas de ejercicio. Al cabo de un mes estas últimas ratas muestran cerebros significativamente más pesados, dotados de una corteza más gruesa, mayor número de espinas dendríticas en sus neuronas y múltiples ventajas neuroquímicas en comparación con sus controles que permanecieron en confinamientos solitarios. Bien se puede inferir que las diferencias se deben a la más rica experiencia de estos animales y sus efectos neurobiológicos. En aparente contraste con este resultado, recientemente se ha mostrado mediante imágenes cerebrales que la experiencia inferida por las diferencias entre un estímulo conocido y uno novedoso, reduce la actividad funcional cerebral. Sin embargo la aparente paradoja se disuelve al concluir que el cerebro gana tanto en su anatomía como en su función de tal manera que con la experiencia se enriquece morfológicamente y se hace más eficiente funcionalmente, dos propiedades seguramente asociadas.

¿Qué es entonces y dónde está el engrama de la memoria? De acuerdo a la evidencia y al esquema presentados es consecuente y aclaratorio definir al engrama como una modificación plástica del sistema nervioso a todos sus niveles, de tal manera que es posible reconocer cambios duraderos en la composición y configuración del cerebro en cualquiera de ellos como consecuencia del aprendizaje. Esta modificación es parte de cambios dinámicos, rápidos y robustos que abarcan todos los niveles de organización cerebral. Se podría decir que el concepto general de plasticidad cerebral o neuroplasticidad, especificado en el nivel y el aspecto de la función nerviosa que se estudie, puede resultar una alternativa conveniente al de engrama, con su aura de huella estable, pues ni la marca ni el sustrato son estacionarios o, de hecho, claramente

distinguibles. La investigación cerebral más que mostrar los lugares donde está la memoria ha mostrado lo que hacen diversas partes del cerebro al consolidar, almacenar, recuperar o perder información.

Aunque la idea de cambios morfológicos del cerebro en respuesta al medio fue inicialmente formulada por el sabio español Ramón y Cajal, el término de *plasticidad cerebral* fue acuñado en 1948 por el neurofisiólogo polaco Jerzy Konorski (1903-1973) en el marco de su idea pionera del cerebro como un sistema complejo que organiza la función del cuerpo en función del tiempo. La asombrosa capacidad plástica del cerebro se puede ilustrar con casos extremos de hidrocefalia durante el desarrollo en los cuales el tejido cerebral había quedado reducido a volúmenes entre un 10 y un 40% de lo normal y que fueron descubiertos por casualidad en personas de inteligencia, memoria, conducta y cognición normales o incluso superiores durante estudios radiológicos del cráneo. El informe se intitula retadoramente: “¿Es su cerebro realmente necesario?” (29)

Recuperación de la información: el reconocimiento y el recuerdo

Acabamos de relatar que durante la consolidación de la información una experiencia modifica la función cerebral en todos sus niveles de manera múltiple y más o menos transitoria. De forma complementaria será necesario decir que durante la recolección o el recuerdo esa función modificada fluye causalmente hacia niveles de organización superior que resultan en esa otra experiencia que llamamos recuerdo y cuya forma y contenido mantiene una relación que dista de ser una restitución simple de la experiencia original debido a los múltiples procesos y transformaciones de información que ocurren a lo largo de los procesos involucrados. Sin embargo, para que la recuperación sea adaptativa, es decir que conduzca a una conducta apropiada ante los estímulos, deberá mantener una conformación lo suficientemente fidedigna para que sea utilizable y exitosa.

Más importante en relación a la recuperación de información sería averiguar el mecanismo por el cual una huella se recupera, aflora y se torna en un recuerdo consciente. Este mecanismo debe ser una forma de *emergencia* en el sentido de que un contenido inconsciente, una información latente y almacenada en los diversos estratos

de la actividad nerviosa del cerebro, surge y se torna explícita o consciente. En este punto será necesario volver sobre el tema de la conciencia como propiedad emergente pues no se puede hoy día mantener que el estado y el estatuto consciente del recuerdo, o cualquier otro proceso de conciencia, surjan desencarnados de una base biológica y particularmente cerebral (3, páginas 339-362).

Conviene distinguir dos procesos cognitivos muy diferentes de recuperación de la información: el reconocimiento y la rememoración. El reconocimiento es el recuerdo sensorial o perceptivo ante estímulos que ya fueron procesados o experimentados. Esto ocurre de manera automática y sumamente rápida mediante procesos de identificación y categorización específicos del tipo de procesamiento perceptual. Por ejemplo, múltiples formas que vemos en el campo visual se reconocen por sus partes relevantes y por sus caracteres en tanto que la identidad de una palabra nos está dada por sus letras, todo ello en tiempo de milisegundos. Es bien sabido que las neuronas visuales individuales se encargan de detectar caracteres y que los componentes se integran mediante neuronas complejas. En el caso del reconocimiento intervienen entonces dos tipos de influencias en la jerarquía de los sistemas cerebrales pues por una parte el reconocimiento está guiado por los datos sensoriales, por las características del estímulo, y por otro está guiado por el contexto o por la historia del sistema en relación a ese estímulo, por la atención que se ponga en la escena y que varía según la tarea y por otras características ya no de los datos, sino por la arquitectura y la historia del sistema perceptivo involucrado. Un caso muy relevante para este tema es el de la agnosia visual que se ha reportado en ciegos de nacimiento operados de cataratas congénitas y que llegan a ver, pero no a reconocer durante un tiempo los objetos de su campo visual, lo que les imposibilita para desenvolverse significativamente en el mundo que ven pero no pueden interpretar. Este es tema de la película “A primera vista” (*First sight*) de Irwin Wrinkler (1999). La película esta basada en el ensayo “*To see or not to see*” del conocido neuropsicólogo neoyorkino Oliver Sacks.

A diferencia del reconocimiento, la rememoración es una búsqueda activa en los almacenes de la memoria de tal manera que se recupera algo vivido o aprendido sin necesidad de estímulos actuales. Sin embargo hay formas de rememorar que ocurren también ante ciertos estímulos. Solemos usar el concepto de *reminiscencia* para hablar de un recuerdo vívido usualmente evocado por un estímulo disparador. El caso

paradigmático de reminiscencia es el del narrador de la celeberrima “*Búsqueda del tiempo perdido*” de Marcel Proust quien ante el sabor de una magdalena evoca un incidente similar de su infancia y una serie de recuerdos consecutivos que dan pie para que desarrolle este parte aguas de la literatura moderna, en la que la exploración de la memoria del narrador juega un papel central. El incidente de la famosa magdalena ocurre en la primera de las obras de la saga, *Por el camino de Swann*, (1919) cuando el narrador Marcel asocia el sabor, la textura y el olor de la magdalena con las sensaciones provocadas por ese mismo objeto años atrás. En el tomo final póstumo (1927) *El tiempo recobrado*, se repite la misma experiencia y lleva al narrador al mismo instante de inicio de la larga saga, símbolo literario del poder evocador de los sentidos y de la memoria episódica dependiente del contexto.

El recuerdo implica una búsqueda en rutas de conexiones establecidas durante el proceso de aprendizaje en referencia al significado de los hechos y con las que se construye una organización ordenada de la memoria. El recuerdo deliberado, no el que surge por un estímulo significativo que lo dispara, sino el que evocamos voluntariamente, es uno de los procesos más fascinantes y llamativos de la memoria. Es un proceso de muy alto nivel de integración pues campea en su desarrollo y operación una motivación y una voluntad de recordar de dinámica muy compleja, como lo muestra el conocido fenómeno de “*punta de la lengua*” que ocurre típicamente cuando reconocemos un rostro y podemos afirmar muchas cosas del personaje pero no podemos recordar su nombre (30). Otro fenómeno peculiar del recuerdo es el llamado *flashback* en el cual un sujeto tiene una recolección repentina, vívida y no deliberada de una experiencia pasada. Se trata de eventos episódicos intensamente coloreados por la emoción y usualmente asociados a un recuerdo traumático, como ocurre en veteranos de guerra, en víctimas de abuso físico y sexual o bien a la alteración del estado de conciencia producido por los alucinógenos.

Como ocurre con la evidencia que ya hemos tratado de dos sistemas de almacenaje de la memoria, el recuerdo habitual se constituye por la activación de la “memoria de trabajo” de capacidad limitada pero de fácil acceso que recupera o activa información de la “memoria de almacén” de inmensa capacidad y organización compleja. El recuerdo implica una búsqueda en rutas de conexiones que se establecen durante el proceso de aprendizaje en referencia al significado de los hechos y con las

que se construye una organización ordenada de la memoria de almacén. En el caso de las memorias autobiográficas propias de la memoria episódica se ha probado repetidamente que el recuerdo depende del estado e incluye no sólo el ítem relevante sino todo el contexto acompañante. El caso típico es el recuerdo que guardan las personas de eventos extraordinarios o emocionalmente relevantes, como podría ser el ataque a las Torres Gemelas de Nueva York el 11 de septiembre de 2001. Usualmente la persona recuerda no sólo el hecho, sino las circunstancias en las que se enteró, dónde y con quién estaba en detalle, como si el sistema de memoria tomara una foto con flash del acontecimiento o enviara la orden de imprimir todas las circunstancias del evento.

En referencia a este tipo de recuerdos autobiográficos se ha acumulado evidencia de que el sistema de la memoria puede ser lábil tanto en la consolidación como en la evocación de la información. Esto es particularmente evidente en el caso de la memoria post-traumática, la cual, a diferencia de la ordinaria, ocurre en eventos desgarradores y se graba y recupera de manera distorsionada dando origen en ocasiones a falsos recuerdos. Ahora bien, el *falso recuerdo* no es privativo de las experiencias traumáticas, sino que ocurre también en la memoria ordinaria. Es bien conocida una prueba en la cual se muestra una foto de una oficina a los sujetos voluntarios durante unos segundos y al cabo de diversos lapsos de tiempo se les pide que enumeren los objetos presentes en la foto (11). La recolección es usualmente bastante correcta, pero un número de voluntarios recuerdan con claridad objetos que no están en la foto pero que se esperaría estuvieran en ella, como libros en los estantes. En efecto, la foto muestra estantes, escritorio y otros objetos sugerentes de una oficina y el falso recuerdo de los libros es una evidencia empírica de reconstrucción, con elementos agregados al estímulo original. Es muy probable que el recuerdo ordinario agregue y quite elementos de la escena original lo cual habla de una reconstrucción más que de una evocación fidedigna de la información. Sin embargo para que la memoria sea eficiente como guía del razonamiento o del comportamiento suponemos es necesario insistir que debe existir una cuota de fidelidad operativa en el sistema de consolidación, almacén y recolección.

Varios errores de la memoria fueron inicialmente descritos en 1886 por el gran psiquiatra alemán Emil Kraepelin (1856-1926) como “paramnesias.” La variedad más común es precisamente el tomar como genuinas o reales experiencias fantaseadas o soñadas. Otra variedad ocurre cuando una persona conoce a alguien por primera vez,

pero está convencido de haberlo conocido antes. Finalmente Kraepelin describió el caso en el cual no sólo un objeto, sino una situación o experiencia completa es considerada duplicación de una anterior, el fenómeno que vino a ser conocido como *déjà vu* y que ocurre en personas normales pero es particularmente frecuente en la epilepsia del lóbulo temporal. Muchas personas normales reportan haber no sólo visto sino ya experimentado una situación, lo cual debe recibir el nombre de *deja vécu* (ya vivido). Ahora bien, este tipo de experiencias presentan una anomalía en referencia a la memoria normal pues aunque la sensación de haber vivido el evento es intensa, resulta que no se pueden recordar las circunstancias de tiempo o lugar en las que ocurrieron, lo cual las dota de un aura mágica. Esto puede ser el resultado del solapamiento de la memoria a corto plazo en términos de memoria largo plazo en el sentido que los estímulos tienen un procesamiento más veloz que la experiencia consciente.

Otro trastorno de la memoria que puede ser normal o patológico es la confabulación, pues si bien todos incluimos elementos inventivos y espurios en nuestros recuerdos y en su relato, esto es particularmente distorsionado en las amnesias llegando al delirio en los pacientes alcohólicos crónicos del llamado síndrome de Korsakoff, cuya neuropatología incluye lesiones en ciertos núcleos del hipotálamo llamados cuerpos mamilares. Estas anomalías de la memoria refuerzan la idea de que el recuerdo no es una reproducción de experiencias pasadas, sino una reconstrucción o edición de ellas que es normalmente bastante fiel, pero puede fallar.

Están ampliamente documentados múltiples sesgos de la memoria para almacenar y recordar preferente y aun distorsionadamente eventos, estímulos o experiencias pasadas. Schacter ha seleccionado a los más importantes en su escrito “Los siete pecados de la memoria” (31) y existe disponible información detallada al respecto. Los fenómenos descritos y demostrados son tan humanos como recordar las calificaciones como mejores de lo que fueron, recordar el contenido de la información, pero no la fuente, confundir una memoria con una imaginación (criptomnesia) considerar el pasado previsible, considerar los eventos más remotos como más recientes y los recientes como remotos (efecto telescópico) o recordar mejor las tareas no terminadas que las terminadas.

Eliminación de la información: el olvido

El olvido parece lo contrario del recuerdo, la imposibilidad de recordar. En el lenguaje ordinario lo entendemos de manera pasiva como un lugar al que van las cosas cuando ya no las podemos recordar y “han caído en el olvido” o bien de manera activa como algo como un “manto de olvido” que cubre o borra a las cosas marginadas de la memoria. En todos los casos el mecanismo del olvido nos sugiere algo que debe desbaratar la huella y la información. Las primeras hipótesis del olvido fueron propuestas por Hermann Ebbinghaus (1859-1909), el propio pionero de la investigación científica sobre la memoria, quien supuso que debe ocurrir por dos posibles causas: el deterioro o decaimiento de la huella o bien por la prevención de la consolidación. Cualquiera de los dos mecanismos determinaría una “curva del olvido” según la cual al principio el olvido de una serie de números es muy rápido para luego perderse con menor velocidad.

La ciencia cognitiva actual favorece la hipótesis de un fracaso para transferir la información de la memoria de corto a la de largo plazo, como ocurre con el ejemplo arriba señalado de un número telefónico que aprendemos sólo para poder marcarlo, pero que no se retiene por mucho más tiempo. En el caso del deterioro de la huella hablaríamos de la pérdida de la información una vez que ha ocurrido la consolidación. En efecto, cuando la memoria de una experiencia pasada no se reactiva tiende a olvidarse y es posible que los recuerdos más antiguos sean más reacios a desaparecer porque han sido recuperados y reavivados muchas veces. Sin embargo no es sólo el simple paso del tiempo el que erosiona la huella, pues algunos recuerdos permanecen por décadas sin haberse recordado, en tanto que otros sufren un decaimiento rápido, aunque se hayan recordado. El paciente con demencia senil o con Alzheimer típicamente olvida primero los acontecimientos recientes y conserva los más remotos por más tiempo, para al final perder hasta el reconocimiento perceptual. Es posible entonces que la simple repetición por el recuerdo haya consolidado con mayor fuerza a los recuerdos más remotos, pero esta hipótesis no se ha comprobado pues es difícil de someterla a experimento.

Se ha propuesto que un mecanismo del olvido tiene que ver con la *interferencia*, sea retroactiva, cuando un nuevo aprendizaje interfiere con otro anterior o preactiva cuando un recuerdo interfiere con uno nuevo (32). La interferencia ocurre cuando los

recuerdos compiten en sus atributos y contextos. La evidencia de la memoria de estado es relevante en este caso, como la que ocurre con los alcohólicos que olvidan estando sobrios dónde escondieron las botellas pero lo recuerdan estando de nuevo intoxicados. El propio Ebbinghaus mostró que al leerle una lista de números o palabras a los sujetos, al cabo de un tiempo podían recordar mejor las primeras y las últimas, en tanto que olvidaban con mayor proporción las de en medio.

No todo olvido se explica por la teoría de la interferencia. Es importante señalar que en algunos sistemas de memoria el olvido puede no ocurrir, como es el caso de andar en bicicleta, lo cual, una vez aprendido, no se olvida aunque no se haya practicado por años. De esta forma la memoria operativa parece poseer mecanismos de consolidación o de almacenaje mucho más eficiente que la episódica o la semántica. Una forma de olvido activo ocurriría según la hipótesis de Sigmund Freud (1856-1939) en el mecanismo de defensa propuesto como *represión*, el caso de experiencias traumáticas que son olvidadas pero que permanecen en el sistema afectando al comportamiento y pueden ser recordadas por diversos medios, es particular mediante el psicoanálisis. La represión representaría una forma selectiva de olvido que va mucho más allá de la interferencia. El notable neuropsicólogo de la Universidad de California en San Diego V. S. Ramachandran ha propuesto que un mecanismo de represión ocurre en la negación de los pacientes con anosognosia cuando, afectados por un infarto cerebral del lóbulo parietal, dicen no tener su brazo o su pierna contralateral. Hay una especie de olvido activo o *represión* de esas partes del cuerpo, pues la vía nerviosa y la corteza sensoriales permanecen intactas. (13) Este tipo de teorías y evidencias pueden implicar que existen dos tipos de olvido, la verdadera pérdida de la información sea por desaparición de la huella y el enterramiento de la información fuera de la capacidad de recordarla consciente o deliberadamente. En este tema viene a cuento la canción “se me olvidó que te olvidé” es decir el recuerdo de algo supuestamente olvidado. La canción, firmada por el grupo argentino “Los Abuelos de la Nada,” dice en un momento *memorable*: “y la verdad no se por que/ se me olvido que te olvidé/ a mi que nada se me olvida.”

La investigación neurobiológica del olvido se encuentra en una etapa de revaloración. Existe la posibilidad de que la interferencia realmente sea un factor crucial para el depósito de nueva información en el hipocampo, no en el sentido de que nuevas

memorias se sobre-escriban sobre otras recién depositadas, pues un sistema de memoria así sería bastante inútil. Sin embargo las vivencias intensas tienden a solidificarse en ventaja de otras previas de menor colorido o intensidad emocional. En este sentido se mantiene la noción ya tradicional de que las memorias nuevas son claras pero frágiles, en tanto que las antiguas son quizás más borrosas pero también más sólidas, de forma tal que son las memorias recientes las más sujetas a interferencia. Ahora bien, en cuanto a la hipótesis del decaimiento de la huella hasta hace poco no había prueba experimental de ella. Sin embargo trabajando con la liebre de mar (*Aplysia*) se ha mostrado que el incremento en la formación de nuevas sinapsis asociado a la sensibilización, decae junto con la eliminación del estímulo (32).

Sistemas cognitivos y arquitectura de la memoria

Como hemos visto a lo largo de este trabajo el progreso en el entendimiento de la memoria en las ciencias cognitivas ha sido muy amplio y existen diversos modelos de la memoria aunque no hay un modelo plenamente satisfactorio sobre la relación entre los diversos sistemas cognitivos y sus bases cerebrales. Una tarea particularmente significativa de la investigación en el campo es el delinear modelos integrales de esta capacidad o conjunto de capacidades y empalmarlos significativamente con modelos de la función cerebral. Así, los modelos disponibles en principio son de naturaleza cognitiva, pero el objetivo de la investigación es el ubicar los mecanismos cerebrales responsables de cada uno de los sistemas y operaciones modelados, una tarea que se encuentra aún en proceso y lejos aún de un modelo convincente.

Hagamos un resumen de los sistemas de la memoria que hemos planteado en los anteriores incisos. En primer lugar, según la temporalidad de la huella, se ha venido fortaleciendo la noción de que existen dos sistemas, una *memoria de corto plazo* y otra *memoria de largo plazo*. El conocido modelo modal de procesamiento de información de Atkinson y Shifrin (33) considera, además de estos dos sistemas, a la memoria sensorial que retiene ítems por espacio de milisegundos, como acontece al cerrar los ojos y recordar la última escena visualizada. A pesar de que el recuerdo inmediato puede ser eficiente, en cuestión de segundos la imagen se deteriora en la memoria sensorial y no alcanza siquiera a la de trabajo, excepto en partes.

La memoria de corto plazo se confunde a veces con la llamada *memoria de trabajo* y es la responsable para operar la información, sostener y dirigir la atención. La memoria de trabajo ejecuta sus procesos en una ventana corta de tiempo (menos de 20 segundos) y tiene una capacidad limitada a unos 7 ítems (34). Según el modelo más aceptado de la memoria de trabajo (35) existe un *ejecutivo central* responsable de operar la información, mantener los objetivos, sostener y dirigir la atención. Plantea también un proceso de retención que recircula los contenidos de manera sub-vocal y que denomina *lazo articulatorio*, además de un *amortiguador fonológico* que es repositorio de retención momentáneo de la información. La corteza dorsolateral del lóbulo frontal está involucrada de manera primordial en la operación de esta memoria. En contraste con la memoria de trabajo, que es comparable a la memoria RAM de las computadoras, la memoria de largo plazo es de capacidad y duración prácticamente ilimitadas. Se trata de un almacén de conocimientos, hechos, lenguaje y otros ítems que se encuentra disponible para ser recuperada.

Otro criterio de clasificación ha sido utilizado por Larry Squire (7, 19) para distinguir una *memoria operativa*, de hábitos o procedimientos de una *declarativa*. La primera abarca habilidades cognitivas y motoras, aprendizaje de tareas y condicionamientos, el “saber cómo” que se expresa en conductas. La *memoria declarativa*, el “saber que,” se expresa en palabras. La memoria instrumental o de procedimiento, la capacidad para aprender habilidades y actividades de manera automática e incluso inconsciente permanece cuando se han deteriorado otras formas de memoria explícita. Las zonas del cerebro mayormente responsables de esta memoria son las áreas motoras, en especial los ganglios basales como el caudado o el lenticular que tienen que ver con ejecución motora así como el cerebelo que, junto al lóbulo frontal, es la región cerebral de mayor ganancia de volumen en el proceso de hominización.

Endel Tulvig, el conocido neurocientífico de la memoria originario de Estonia y ubicado en Canadá, ha propuesto (6) una distinción según el contexto que se ha ido fortaleciendo con datos experimentales y casos clínicos de una *memoria episódica* o personal consistente en la información autobiográfica en un contexto espaciotemporal, de otra *memoria semántica* o proposicional en la que existe una información general de hechos y datos sin contexto espaciotemporal. Una serie de evidencias en seres humanos

y primates implica que el sistema de memoria episódica depende de la integridad funcional de los lóbulos temporales mediales que incluyen al hipocampo y las cortezas entorrinal y perirrinal. Intervienen también muchas otras estructuras como el telencéfalo basal, la corteza retrosplenial, el presubiculo, el tracto mamilotalámico, el fórnix, los cuerpos mamilares y el núcleo anterior del tálamo. Desde luego que también participan los lóbulos frontales, no para retener la información, sino en el registro, adquisición, codificación y recuperación de la información, así como en la evaluación de la secuencia temporal y del tiempo transcurrido desde un determinado acontecimiento. Se sabe que los lóbulos temporal medial y frontal izquierdos son más activos en el aprendizaje de palabras, mientras que el temporal medial y frontal derechos en el aprendizaje de escenas. Hay módulos muy involucrados en el reconocimiento de rostros ubicados entre el lóbulo temporal y el occipital, donde se procesa la información visual.

La memoria semántica de conocimientos conceptuales es también un sistema declarativo y explícito, pero distinto del de la memoria episódica. En algunas lesiones del cerebro se pierde la memoria de acontecimientos y se mantiene la de conceptos. Los lóbulos temporales inferolaterales son esenciales para su operación pero puede involucrar a diversas áreas de la corteza relacionadas con los diversos tipos de conocimiento. Al igual que la memoria episódica, los lóbulos frontales intervienen para recuperar la información semántica.

Finalmente podemos agregar que en referencia a la conciencia existe una *memoria implícita* que se ejerce sin atención controlada y consiste en un aprendizaje tácito de otra *memoria explícita* que se ejerce controlando la atención y tiene una aplicación deliberada (4). Dados todos estos sistemas de memoria que han sido razonablemente bien caracterizados (36) se plantea que un modelo integral de la memoria debería acoplarlos en un esquema convincente de mecanismos interrelacionados. No podemos sino considerar que la función global de la memoria, como todo hecho histórico, implica la coordinación sincrónica de múltiples facultades mentales y cerebrales con una función diacrónica o temporal que implica cambios dinámicos y plásticos en el procesamiento y almacenamiento de la información.

Es importante terminar recordando que el contexto cultural y social de la información es muchas veces crucial para la memoria de tal forma que de memoria está hecha no sólo la historia personal, sino la historia colectiva y en consecuencia también

usamos la palabra *memoria* para referirnos a cualquier informe o escrito en el que se exponen los antecedentes de algo o de alguien. La cognición humana requiere, necesita y utiliza a la memoria como capacidad intrínseca y esencial para funcionar en el mundo. Su pérdida supone no sólo el quebranto de la cognición, sino en gran medida de la personalidad, tal y como lo atestiguamos en las personas afectadas con las diversas amnesias, en particular con este azote devastador de la persona que es la enfermedad de Alzheimer, motivo del presente volumen. Nuestro pasado, lo vivido por cada quien, es vasto, incalculable e irrecuperable en su totalidad, pero aquello de lo que nos acordamos, a lo que estamos ligados debido precisamente a la facultad de la memoria y la capacidad del recuerdo, viene a constituir parte de lo que consideramos nuestra propia identidad, pues la definimos en términos de continuidad o al menos de encadenamiento y en términos de disparidad con los otros. En las sugerentes palabras de Jorge Luis Borges: “Somos nuestra memoria, somos ese quimérico museo de formas inconstantes, ese montón de espejos rotos.”

Bibliografía

1. Moliner, M (1998) *Diccionario de uso del Español* Editorial Gredos, Madrid)
2. Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Jonides, J., Perring, W. J. (2008) Improving fluid intelligence with training on working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A* 105(19):6829-6833.
3. Díaz, J.L. (2007) *La conciencia viviente*. México: Fondo de Cultura Económica.
4. Schacter, D. L. (1996) *Searching for memory: the brain, the mind, and the past*. Nueva York: Basic Books.
5. Nicol, E. (1941/1975) *Psicología de las situaciones vitales*. México: Fondo de Cultura Económica.
6. Tulving, E., Craik F. I. M. Editores (2000). *The Oxford Handbook of Memory* (pp. 33-43). Nueva York: Oxford University Press.
7. Squire, L R. (2004) Memory Systems of the Brain: A brief history and current perspective. *Neurobiology of Learning & Memory*, 82, 171-177.
8. Gallistel, C. R. (1990) *The Organization of Learning*. Cambridge, MA :Bradford Books/MIT Press.

9. Thompson, R. F. Madigan, S. A. (2007) *Memory: The Key to Consciousness*. Princeton University Press.
10. McGaugh, J.L., Drucker-Colín, R. (1975) *The Neurobiology of Sleep and Memory*. New York: Academic Press.
11. Reisberg, D. (1977) *Cognition. Exploring the science of the mind*. N. York: W.W. Norton.
12. Brady, T. F., Konkle, T., Álvarez, G. A., Oliva, A. (2008) Visual long-term memory has a massive storage capacity for object details. *Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A* 105(18): 14225-14229.
13. Ramachandran, V.S., Blakeslee, S. (1998) *Phantoms in the brain*. Nueva York: William Morrow.
14. Hydén, H. (1968) Aspectos bioquímicos y moleculares del aprendizaje y la memoria. (Traducido por J. L. Díaz) *Neurología, Neurocirugía y Psiquiatría*. (México), 9:199-238.
15. Kandel, E. R. (2006) *In Search of Memory*. Nueva York: W.W. Norton & Co.
16. Schacter, D. L. (2001) *Forgotten Ideas, Neglected Pioneers: Richard Semon and the Story of Memory*. Philadelphia: Psychology Press.
17. Díaz, J.L. (2006) La ordenación piramidal del cerebro y el enjambre de la conciencia. Primera parte. *Salud Mental* (México), 29 (2): 7-12. Segunda parte. *Salud Mental* (México), 29 (3): 1-10
18. Díaz, J.L. (1995) In search of the engram. En busca del engrama. *Cuadernos de Cognia* No. 3 (Coordinación de Humanidades, UNAM, México). Edición bilingüe, 11 páginas.
19. Squire, L. R., Kandel, E. R. (2000) *Memory. From mind to molecules*. Owl Books.
20. Levine, A. (2008) Unmasking memory genes. *Scientific American Mind* 19(3): 48-52.
21. Un listado de docenas de referencias de neurogénesis en el cerebro adulto, muchas de ellas en estudios de memoria se encuentra en la página (consultada el 28 d enero del 2009): <http://www.citeulike.org/tag/neurogenesis>
22. Bermúdez Rattoni, F. y Prado-Alcalá, R. A. (2001) *Memoria. ¿En dónde está y cómo se forma?* México, D.F.: Editorial Trillas.

23. Thompson R. F, Krupa, D.J. (1994). Organization of memory traces in the mammalian brain. *Annual Review of Neuroscience.*;17: 519–549.
24. Foer, J. (2007) No lo olvide. *National Geographic en español*, Volumen 21, número 5 de noviembre de 2007, páginas 2-27
25. LeDoux J. E. (2002) Emotion, memory, and the brain. *Scientific American* 12:62-71.
26. Pribram, K.H. (1986) The Cognitive Revolution and Mind/Brain Issues. *American Psychologist.* 41(5): 507-520.
27. Fuster, J. (2003) *Cortex and Mind: Unifying Cognition*. Oxford University Press.
28. Rosenzweig, M. R. (1984). Experience, memory, and the brain. *American Psychologist*, 39, 365-376.
29. Lewin, R. (1980) Is Your Brain Really Necessary? *Science*, 210:1232.
30. Díaz, F., Lindín, M., Galdo-Alvarez, G., Facal, D., Juncos-Rabadán, O. (2007) Na event-related potentials study of face identification and naming: The tip-of-the-tongue state. *Psychophysiology* 44: 50-68.
31. Schacter, D. L. (1999). "The Seven Sins of Memory: Insights From Psychology and Cognitive Neuroscience" *American Psychologist.* 54 (3): 182-203.
32. Wixted, J. T. (2004) The psychology and neuroscience of forgetting. *Annual Review of Psychology* 55: 235-269.
33. Atkinson, R., Shiffrin, R. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. In K. Spence, J. Spence (Eds.). *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory* (Vol. 2). New York: Academic Press.
34. Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63, 81-97.
35. Baddeley, A.D. (1986) *Working memory*, Oxford University Press: Nueva York-EE.UU.
36. Delacour, J., editor, (1994) *The Memory System of the Brain*. New York: World Scientific.