

Editores: M. Gadea, L. Pérez

Aprendizaje y memoria

L. Aguado-Aguilar

LEARNING AND MEMORY

Summary. Introduction. *The paper briefly reviews current knowledge on learning and memory processes, considered at the behavioral, cognitive and neural levels.* Development. *After establishing the distinction between different learning processes (behavioral learning, skill acquisition and information acquisition processes), the specific learning phenomena belonging to each of these varieties are analyzed. Associative learning is described as a behavioral (pavlovian conditioning and instrumental learning) and cognitive (predictive learning and categorization) process. Also described are the properties of perceptual and motor learning, as those of the processes by which cognitive skills (e.g., rule learning) are acquired. Then, the distinction between short-term and long-term memory is discussed, referring to short-term memory as a working memory system that assists the performance of a variety of thinking and reasoning tasks. Finally, the two main long-term memory theories are discussed, considering the semantic/episodic and implicit/explicit memory dichotomies.* [REV NEUROL 2001; 32: 373-81] [<http://www.revneurol.com/3204/k040373.pdf>]

Key words. Associative learning. Learning and memory processes. Memory. Perceptual and motor learning.

LA NATURALEZA DEL APRENDIZAJE

¿Qué es el aprendizaje?

Cuando hablamos de ‘aprendizaje’, los psicólogos nos referimos a los procesos en virtud de los cuales nuestra conducta varía y se modifica a lo largo del tiempo, adaptándose a los cambios que se producen en el entorno. El aprendizaje es una capacidad que en mayor o menor medida es poseída por todas las especies animales, ya que constituye un mecanismo fundamental de adaptación al medio ambiente. No obstante, los tipos de aprendizaje de que es capaz una especie pueden ir desde procesos muy elementales a otros enormemente complejos, como los que permiten, por ejemplo, el aprendizaje del lenguaje en nuestra especie.

El hecho de que la conducta sea modificable en función de las condiciones ambientales es posible gracias a una compleja serie de procesos que tienen lugar en el ‘interior’ del organismo; en su mente, si se quiere hablar en términos funcionales, o en su cerebro, si se le quiere dar al término ‘interior’ un significado más fisiológico. La adaptación de la conducta al ambiente está mediada por procesos perceptivos, cognitivos y de organización motora. De forma simplificada, ello significa que el sistema biológico al que llamamos mente o cerebro debe ‘procesar’ los estímulos del ambiente, comparar el resultado de ese procesamiento con el conocimiento anterior y organizar

un *output*, es decir, una ‘salida’ o respuesta motora a estos estímulos.

Aunque nos hemos referido al aprendizaje en términos de cambios conductuales, el grado en que el aprendizaje es identificable con esos cambios depende del nivel de complejidad del proceso al que hagamos referencia. Por ejemplo, la forma más elemental de aprendizaje es la habituación, consistente en la reducción de la fuerza de las reacciones reflejas a un estímulo cuando éste se presenta repetidamente. Al menos en las especies animales más ‘simples’, por ejemplo en invertebrados, puede decirse con seguridad que esta forma de aprendizaje consiste básicamente en un cambio conductual. Si tomamos el extremo opuesto en una hipotética escala de complejidad de los procesos de aprendizaje, como en el aprendiz de jugador de ajedrez o en el niño que está aprendiendo su lengua materna, veremos que la identificación del aprendizaje con un cambio conductual no es tan clara. ¿Ha aprendido el jugador todas y cada una de las conductas que realiza en las diferentes jugadas y en los diferentes episodios de juego o ha adquirido quizá alguna forma de conocimiento más general? ¿Aprende el niño una a una cada una de las frases que va pronunciando o adquiere una capacidad más abstracta y general? Si lo que se adquiere o aprende es algún tipo de conocimiento abstracto y genérico, debemos entonces distinguir cuidadosamente entre este conocimiento (el ‘aprendizaje’) y las conductas concretas que permite generar (la ‘actuación’).

A pesar de todo, el investigador del aprendizaje basa siempre sus afirmaciones en la observación de conductas manifiestas y, en general, de variaciones medibles en alguna función del organismo. Por ejemplo, puede medirse el miedo aprendido mediante el registro de las reacciones de huida ante los estímulos temidos, pero también a través del registro de los cambios de distintos índices fisiológicos, como el ritmo cardíaco o respiratorio o la sudoración de la piel. Aunque el aprendizaje no se

Recibido: 31.01.00. Recibido en versión revisada: 05.05.00. Aceptado: 15.05.00.

Facultad de Psicología. Universidad Complutense de Madrid. Madrid, España.

Correspondencia: Dr. Luis Aguado Aguilar. Facultad de Psicología. Universidad Complutense de Madrid. Campus de Somosaguas. E-28023 Madrid. E-mail: psbas17@emducms1.sis.ucm.es / psbas17@sis.ucm.es

© 2001, REVISTA DE NEUROLOGÍA

identifique necesariamente con la actuación, esta es la única vía para acceder al conocimiento adquirido por el sujeto. Mientras que la actuación es un dato observable, el aprendizaje como tal es un proceso inferido. De la misma forma que los estados subjetivos de tristeza o alegría no son directamente observables, el aprendizaje tampoco lo es y debe inferirse a partir de observaciones de la conducta manifiesta. Por ello, la actuación es siempre la base empírica en la que se sustentan todas las teorías del aprendizaje.

La relación entre el aprendizaje y la memoria

Aprendizaje y memoria son dos procesos psicológicos íntimamente relacionados y puede decirse que constituyen, en realidad, dos momentos en la serie de procesos a través de los cuales los organismos manejan y elaboran la información proporcionada por los sentidos. El aprendizaje es un proceso de cambio en el estado de conocimiento del sujeto y, por consecuencia, en sus capacidades conductuales: como tal, es siempre un proceso de 'adquisición' mediante el cual se incorporan nuevos conocimientos y/o nuevas conductas y formas de reaccionar al ambiente. Puesto que el aprendizaje implica siempre alguna forma de adquisición de información y, por lo tanto, una modificación del estado de la memoria del sujeto, puede decirse que aprendizaje y memoria son fenómenos interdependientes. La capacidad del cerebro para aprender implica la capacidad del cerebro para recordar y ambas pueden resumirse en la capacidad del cerebro para adquirir información. La distinción que se hace en Psicología entre aprendizaje y memoria es, más que nada, una forma conveniente de organizar nuestros conocimientos sobre los procesos biológicos de adquisición de información.

Es importante no caer en el error de considerar el aprendizaje como un proceso y la memoria como un 'estado', es decir, el aprendizaje como adquisición y la memoria como registro o depósito de lo adquirido. La memoria es en sí misma un proceso dinámico. Por una parte, la información almacenada a largo plazo en el cerebro está sometida a procesos de reorganización dependientes de numerosos factores, como la adquisición de nuevas informaciones relacionadas, la imposición de nuevas interpretaciones sobre informaciones pasadas, el decaimiento de los recuerdos con el paso del tiempo, etc. Por otra, bajo el término 'memoria' pueden encuadrarse procesos dinámicos de uso y mantenimiento transitorio de información, como cuando realizamos cálculos mentales mientras mantenemos el recuerdo de una cifra anterior o interpretamos una frase en función del contexto de una conversación reciente —la llamada memoria operativa, de la que trataremos más adelante—.

NIVELES DE ANÁLISIS

El estudio experimental del aprendizaje y la memoria puede abordarse desde tres niveles distintos, que no son excluyentes sino que se refieren a distintos aspectos del aprendizaje y la memoria, y plantearse su estudio desde distintas perspectivas igualmente necesarias para una auténtica comprensión de estos procesos psicológicos.

- *Nivel conductual.* El nivel conductual se ocupa de descubrir relaciones entre variables ambientales y cambios observables en la conducta. Este enfoque está presente de una u otra forma en toda investigación psicológica, ya que, aunque el objetivo del investigador sea la explicación de un fenómeno interno o mental (p. ej., la actividad de intentar recordar el nombre de una persona), el método para someter estos fenómenos a un

análisis experimental pasa por la observación del comportamiento del sujeto y de las modificaciones que éste experimenta bajo diferentes condiciones externas.

- *Nivel cognitivo.* El nivel cognitivo considera el cerebro como un sistema de procesamiento de información y trata, por lo tanto, de indagar en las actividades de procesamiento que tienen lugar durante el curso del aprendizaje y del modo en que la información queda representada en la memoria. Al ser actividades internas, las actividades de procesamiento de información no son directamente observables como 'conductas' y han de ser inferidas a partir de la observación de la conducta manifiesta. Por ello, el estudio de cualquier fenómeno psicológico a un nivel cognitivo no puede ser nunca independiente del estudio de ese fenómeno a un nivel conductual. Los procesos cognitivos como memoria, expectativa, razonamiento, etc. no son 'observados' en sí mismos, sino inferidos a partir de las actividades conductuales del sujeto.

El nivel cognitivo es un nivel 'representacional', ya que los 'objetos' mentales resultantes del procesamiento de la información proporcionada por los sentidos pueden considerarse como representaciones de estímulos y situaciones externas, que quedan almacenadas en la memoria. En gran parte, el estudio cognitivo del aprendizaje y la memoria es el estudio del proceso de formación de nuevas representaciones mentales, es decir, de los contenidos informativos derivados de experiencias pasadas o de las actividades de procesamiento llevadas a cabo sobre los propios contenidos de la memoria.

- *Nivel neuronal.* El nivel neuronal tiene como objetivo final el descubrimiento de los procesos físico-químicos que suceden en el cerebro y que permiten a éste desarrollar las funciones de aprendizaje y la memoria. Este nivel estudia cómo se concretan físicamente en el cerebro las representaciones mentales que constituyen la memoria y en él pueden distinguirse al menos dos subniveles.

En un nivel molar o global, el estudio del aprendizaje y la memoria, desde el punto de vista de los procesos neuronales, pretende delinear sistemas de vías y centros cerebrales que intervienen en distintas formas de aprendizaje y memoria. Por ejemplo, estudios realizados tanto con personas amnésicas como con animales de laboratorio demuestran que lesiones de distintas zonas del cerebro producen déficit completamente diferentes de la memoria; así, en unos casos queda dañada la capacidad para recordar información recientemente presentada, mientras que en otros los sujetos recuerdan bien a corto plazo pero no parecen capaces de almacenar o consolidar nuevas informaciones durante un período prolongado.

A un nivel molecular o 'microscópico', el nivel de análisis neuronal pretende desvelar los mecanismos mediante los cuales el cerebro es capaz de almacenar información. A este respecto es fundamental el concepto de plasticidad neuronal, que —en el sentido que ahora nos interesa— se refiere a la capacidad de las neuronas para modificar sus propiedades funcionales en respuesta a ciertas pautas de estimulación ambiental. La forma más obvia de plasticidad consiste en la modificación de la fuerza de las conexiones entre distintas células debida a su activación repetida y conjunta. De esta forma, redes de elementos neuronales interconectados pueden modificar sus propiedades en respuesta a los cambios producidos en el medio ambiente y, por lo tanto, aprender. El estudio de la plasticidad neural en relación con el aprendizaje y la memoria es el estudio del modo en que el cerebro codifica físicamente nuevas

informaciones y constituye uno de los objetivos principales de las Neurociencias, es decir, del conjunto de disciplinas que estudian el funcionamiento del sistema nervioso.

Entre los psicólogos experimentales ha existido siempre polémica entre quienes defienden un nivel de análisis propio de la Psicología (preferentemente los niveles conductual o cognitivo) y quienes mantienen una perspectiva más amplia desde la cual los procesos neuronales deben ser integrados por las teorías psicológicas como elementos fundamentales para una verdadera explicación científica de la mente y la conducta. Las dos posiciones extremas en esta polémica son: 1. Una posición reduccionista extrema según la cual la Psicología será finalmente absorbida por las Neurociencias (el único nivel de explicación será el nivel neural) y, 2. Una posición 'psicologista' según la cual puede prescindirse del conocimiento de los procesos neurales porque no aportan nada a una explicación psicológica, sea de tipo conductual o cognitivo.

LAS VARIEDADES DEL APRENDIZAJE

Estamos lejos de poder proponer una clasificación ajustada y definitiva de los numerosos procesos de aprendizaje; en primer lugar porque aún es imposible afirmar si las diversas formas de aprendizaje difieren en cuanto a sus mecanismos básicos o si, por el contrario, son reducibles a un conjunto pequeño de mecanismos. Adoptaremos aquí un criterio pragmático basado en el tipo de contenidos que originan una experiencia de aprendizaje. Por ejemplo, mientras que algunas experiencias de aprendizaje producen fundamentalmente la adquisición de destrezas perceptivomotoras, como conducir un automóvil o escribir con el teclado del ordenador, otras dan como resultado la incorporación de conocimiento acerca de hechos o datos externos, como nombres o fechas. Según este criterio de 'contenido', podemos distinguir tres grandes variedades de procesos de aprendizaje: los procesos de aprendizaje conductual, los procesos de aprendizaje de habilidades y los procesos de adquisición de información.

Procesos de aprendizaje conductual

En esta categoría se engloban los denominados 'procesos generales de aprendizaje' que son las formas elementales a través de las cuales la mayoría de las especies logran adaptar su conducta al ambiente. Se distingue en esta categoría entre el aprendizaje asociativo y el aprendizaje no asociativo, dependiendo de que el cambio conductual se deba a la experiencia repetida de dos eventos que aparecen relacionados en el tiempo (aprendizaje asociativo) o a la simple repetición de un único evento (aprendizaje no asociativo). Las dos principales variedades del aprendizaje asociativo son el condicionamiento pavloviano y el condicionamiento instrumental. En el condicionamiento pavloviano, que recibe este nombre porque fue inicialmente descrito y estudiado por Pavlov en sus famosos experimentos sobre la salivación en los perros, el sujeto es expuesto repetidamente a la asociación de dos estímulos ambientales; el sonido de la campanilla (E1 o estímulo condicionado) y la comida (E2 o estímulo incondicionado), en el experimento típico de Pavlov. En el condicionamiento o aprendizaje instrumental, el sujeto aprende la relación entre alguna de sus conductas y las consecuencias que siguen a la misma, como cuando un niño aprende que sus rabietas consiguen captar la atención de los adultos de su entorno.

En el aprendizaje no asociativo, se producen modificaciones en la conducta refleja del sujeto al repetirse el estímulo que la

provoca, como cuando el sobresalto que nos produce un ruido intenso y repentino va reduciéndose a medida que el ruido se repite sin consecuencias nocivas. Esta forma de aprendizaje no asociativo en que la reacción refleja se reduce se denomina habituación, aunque en algunos casos la repetición del estímulo puede tener justamente el efecto contrario y dar origen a la sensibilización de la respuesta.

Procesos de adquisición de habilidades

Una categoría enormemente amplia de procesos de aprendizaje engloba distintas formas de adquisición de diferentes tipos de habilidades o destrezas, es decir, de 'procedimientos' más o menos complejos que, una vez adquiridos, se aplican de forma rutinaria. Estos procedimientos se refieren a tres ámbitos: el motor, el perceptivo y el que, de una forma muy general, podríamos denominar ámbito cognitivo.

El aprendizaje motor consiste en diferentes procesos de adquisición de destrezas o habilidades motoras de lo que podríamos llamar 'hábitos' motores; estos pueden ir desde los hábitos simples estímulo-respuesta, como pulsar el botón de llamada del ascensor cuando se apaga la luz que indica que el ascensor está en marcha, hasta destrezas enormemente complejas, como tocar el piano o manejar con soltura una raqueta de tenis. Los investigadores del aprendizaje motor piensan que estas habilidades se basan en la puesta en marcha de 'programas motores' aprendidos, que serían representaciones mentales de la secuencia de movimientos que el sujeto debe realizar. El aprendizaje perceptivo posibilita, a través de la experiencia repetida con estímulos complejos, la adquisición de destrezas discriminativas que permiten distinguir entre estímulos que inicialmente aparecen como muy similares. Un ejemplo de ello es la habilidad que los especialistas poseen para distinguir por el olor, el color o el sabor, diferentes clases de vino que a una persona no entrenada le resultan prácticamente iguales.

Los procedimientos u operaciones mentales que aplicamos constantemente y sin esfuerzo aparente, por ejemplo al razonar o al comprender el lenguaje, son también resultado del aprendizaje. Gran parte de estas destrezas cognitivas pueden considerarse como basadas en el aprendizaje de reglas, es decir, procedimientos abstractos que permiten resolver clases de problemas formalmente equivalentes. La adquisición de las reglas sintácticas del lenguaje es un ejemplo de esta forma de aprendizaje, así como la adquisición de habilidades aritméticas o lógicas que, una vez adquiridas, forman parte del arsenal de recursos mentales mediante los cuales comprendemos la realidad y razonamos acerca de ella.

Procesos de adquisición de información

Nuestro cerebro absorbe constantemente del entorno gran cantidad de información que, cuando es registrada en la memoria, pasa a formar parte de nuestro conocimiento de la realidad. Como veremos más adelante, los psicólogos de la memoria suelen distinguir entre diversos procesos o sistemas de memoria, pero ahora nos referiremos sólo a una de esas distinciones, propuesta por uno de los máximos especialistas actuales en el estudio de la memoria humana, Endel Tulving. Al hablar de la memoria a largo plazo este autor distingue entre la memoria semántica y la memoria episódica. La memoria semántica se refiere a la información que adquirimos acerca de nuestro entorno y que es independiente de la experiencia personal, algo así como el conocimiento objetivo del mundo. En cambio, la memoria episódica contiene información acerca de las experiencias personales, del mundo en tanto que vivido por uno mismo. Una diferencia entre ambas formas de

memoria es que la memoria episódica depende del contexto. Ello significa que los recuerdos de experiencias personales van normalmente unidos al contexto temporal y espacial en que tales experiencias se han vivido; así, por ejemplo, volver a un lugar que no hemos visitado desde hace tiempo reactiva en nuestra memoria experiencias ligadas a dicho lugar que quizá creíamos haber olvidado. En cambio, la información de tipo semántico suele ser independiente del contexto en que se ha adquirido y tiene un carácter más 'abstracto' y general. Otra diferencia importante es que el conocimiento episódico se adquiere en un único 'ensayo' (por definición, este tipo de conocimiento se refiere a episodios únicos), mientras que el conocimiento semántico resulta, por lo general, de la repetición y la acumulación progresiva de información.

APRENDIZAJE ASOCIATIVO

La asociación es uno de los mecanismos fundamentales del aprendizaje y la memoria. La asociación es, por una parte, un potente mecanismo para la modificación adaptativa de la conducta y la adquisición de conocimiento, y, por otra, un importante principio organizador de la memoria, como lo demuestra una simple prueba de asociación libre (generación de palabras sugeridas por una determinada palabra 'estímulo'). Conviene distinguir entre formas de aprendizaje asociativo que repercuten fundamentalmente en la conducta del sujeto (aprendizaje asociativo conductual) y otras cuyo efecto principal es la incorporación de nuevas asociaciones entre representaciones mentales que pueden referirse a objetos o rasgos de los mismos (aprendizaje asociativo cognitivo).

El aprendizaje asociativo conductual ha sido estudiado por los psicólogos en numerosas especies animales, desde el hombre a los invertebrados, mediante técnicas de condicionamiento pavloviano e instrumental, y ha puesto de manifiesto una notable generalidad de los principios y mecanismos que rigen esta forma de aprendizaje.

Aprendizaje asociativo conductual: condicionamiento pavloviano e instrumental

El condicionamiento pavloviano es la forma de aprendizaje asociativo que permite a los animales aprender a anticiparse a sucesos biológicamente relevantes mediante el conocimiento de las señales indicativas de los mismos (los 'estímulos condicionados' o EC pavlovianos). El conocimiento de la relación entre señales y consecuencias permite que conductas reflejas que inicialmente eran provocadas por un conjunto reducido de estímulos (los 'estímulos incondicionados' o EI) sean provocadas por las señales de estos estímulos, de modo que el animal actúa de forma anticipatoria en previsión de la aparición del estímulo incondicionado. Por otra parte, el aprendizaje instrumental permite al animal adquirir conductas que producen consecuencias beneficiosas, sea porque le procuran recompensas como alimento o compañía sexual (contingencias instrumentales de recompensa o refuerzo positivo) o porque le permiten escapar o evitar situaciones peligrosas (contingencias instrumentales de refuerzo negativo).

Los procesos de condicionamiento recién descritos se rigen por dos leyes fundamentales: la contigüidad temporal y la validez predictiva. La proximidad o contigüidad temporal, sea entre señales y consecuencias o entre conductas y consecuencias es, por lo general, un requisito para el aprendizaje, aunque exista alguna notable excepción, como en el caso de la adquisición de aversiones condicionadas a los alimentos. Según la ley de validez relativa, aplicada por ejemplo al condicionamiento pavloviano, la aso-

ciación entre una señal y una consecuencia sólo se producirá en tanto que la señal sea un buen predictor de la consecuencia en comparación con otras señales alternativas. Si simultáneamente a esa señal hay otras claves que predicen con más fiabilidad la consecuencia, éstas 'bloquearán' a la menos fiable e impedirán su asociación con la consecuencia.

Los procesos de condicionamiento pavloviano desempeñan un papel fundamental en la adquisición de reacciones emocionales y en diversos aspectos de la regulación del medio interno. De hecho, las técnicas vigentes de modificación de conducta aplicadas con notable éxito al tratamiento de la ansiedad se basan en la teoría del condicionamiento y gran parte de los conocimientos actuales acerca de las bases cerebrales de las emociones proceden de estudios del condicionamiento del miedo en animales. A este respecto pueden señalarse los trabajos de Joseph Le Doux sobre el papel de la amígdala en relación con el miedo y la ansiedad; estos trabajos indican que esta estructura límbica interviene en la formación de asociaciones entre señales y consecuencias peligrosas, así como en el control del complejo patrón de respuestas fisiológicas desencadenadas por las expectativas de peligro. El hecho de que multitud de actividades fisiológicas sean susceptibles de modificación por condicionamiento pavloviano permite explicar algunas de las causas 'psicológicas' de numerosos trastornos 'físicos'. Entre las diversas demostraciones del control asociativo de respuestas fisiológicas podemos citar el condicionamiento de la inmunosupresión, la analgesia condicionada o la tolerancia condicionada a drogas.

Aprendizaje asociativo cognitivo: predicción y categorización

Los conocimientos sobre el funcionamiento de los procesos asociativos derivados del estudio del condicionamiento pueden aplicarse a la explicación de otras formas de aprendizaje asociativo más 'cognitivas', que implican la adquisición de conocimiento acerca de relaciones de covariación detectadas en el ambiente. Esta generalización se basa en la hipótesis de que las diferentes formas de aprendizaje asociativo se rigen por unos principios y mecanismos comunes.

El aprendizaje asociativo permite adquirir información acerca de las relaciones de covariación entre diversos sucesos del entorno. De este modo, la asociación actúa como un mecanismo básico para la detección de relaciones de dependencia entre sucesos, de forma que nos es posible predecir consecuencias probables a partir de señales antecedentes. A través de la asociación es posible aprender las relaciones predictivas entre señales y consecuencias, lo que permite realizar 'juicios predictivos' acerca de lo probable que es un determinado suceso dado un determinado antecedente, así como las relaciones de causalidad entre nuestra propia conducta y las consecuencias que de ella se siguen, lo que permitiría realizar 'juicios de contingencia' acerca del grado en que un determinado suceso es dependiente o no de nuestra conducta. Este aprendizaje acerca de las relaciones predictivas y de contingencia puede igualmente proporcionar información sobre la independencia entre sucesos o entre conductas y consecuencias. Una conocida teoría, por ejemplo, atribuye al aprendizaje de 'no contingencia', es decir, de ineficacia de la propia conducta para modificar el entorno, un posible papel causal en algunas formas de depresión (la depresión originada por la llamada 'indefensión aprendida').

Los mecanismos asociativos permiten explicar no sólo la adquisición de información acerca de las relaciones entre distintos eventos, sino también sobre la propia estructura de los eventos. Este aprendizaje asociativo 'estructural' da por resultado la adqui-

sición de representaciones mnésicas precisas de eventos u objetos complejos, compuestos de numerosos rasgos o características. En este caso, los mecanismos asociativos detectan la covariación entre rasgos de un mismo estímulo o clase de estímulos complejos, algo que permite la adquisición de un elemento fundamental de nuestro pensamiento como son las categorías o conceptos.

Supuesto que la utilización de categorías como 'animal' o 'vegetal' se basa en representaciones de esas categorías almacenadas en la memoria, estas representaciones se producirían como resultado de un proceso de aprendizaje consistente en la progresiva modificación de la fuerza de la asociación entre los distintos rasgos de que constan los ejemplares individuales de cada categoría y la etiqueta verbal aplicada a la misma. Una de las ventajas de este tipo de explicación del aprendizaje de categorías es que puede implementarse en sistemas de redes neuronales artificiales; un modelo simple constaría, por ejemplo, de una capa de unidades de *input* correspondientes a los distintos rasgos de los ejemplares, conectadas a una capa de *output* cuyas unidades representan las etiquetas verbales correspondientes a diferentes categorías. En un sistema de esta naturaleza, el aprendizaje consistiría en la modificación de la fuerza o 'peso' de las conexiones *input-output*, basada en reglas asociativas similares a las que rigen el condicionamiento (coincidencia *input-output*, validez relativa, etc.).

APRENDIZAJE PERCEPTIVOMOTOR

Muchas de las habilidades a las que recurrimos cotidianamente dependen de procesos de aprendizaje de destrezas motoras que nos permiten realizar sin esfuerzo aparente complejas secuencias de movimientos. Igualmente importantes son los procesos a través de los cuales el modo en que percibimos ciertos estímulos complejos va volviéndose más eficaz. En muchos casos, ambos tipos de destrezas, motoras y perceptivas, se coordinan entre sí. Conducir un automóvil o escribir rápidamente sobre el teclado del ordenador son ejemplos de habilidades perceptivo-motoras.

Aprendizaje perceptivo

El aprendizaje perceptivo es un conjunto de procesos por los cuales la exposición a los estímulos modifica de forma más o menos duradera el modo en que son procesados por los sistemas sensoriales. En palabras de un destacado especialista en la materia 'el aprendizaje perceptivo conlleva cambios relativamente duraderos en los sistemas perceptivos de un organismo que mejoran su capacidad para responder al entorno', 'el aprendizaje perceptivo beneficia al organismo al acoplar los procesos de recogida de la información al uso que el organismo va a hacer de dicha información' (Goldstone, 1998).

Puede decirse que la experiencia repetida con los estímulos modifica literalmente el modo en que el cerebro responde a ellos. Así, se han demostrado cambios duraderos en la actividad neuronal en la corteza sensorial primaria, por ejemplo, en la respuesta de células del córtex visual o auditivo, como consecuencia de la experiencia repetida con estímulos de estas modalidades sensoriales. A nivel conductual, el aprendizaje perceptivo puede producir tres efectos principales:

- *Facilitación de la identificación del estímulo.* La exposición prolongada a un estímulo facilita su posterior reconocimiento o identificación; por ejemplo, en una situación de búsqueda visual en la que el sujeto debe identificar un determinado estímulo entre un conjunto de estímulos similares presentes

simultáneamente, como cuando buscamos la cara de una persona conocida entre la multitud.

- *Diferenciación de estímulos.* La exposición prolongada a estímulos de una misma clase que, aun difiriendo entre sí, comparten numerosos rasgos comunes facilita la posterior diferenciación entre los mismos. Ejemplos típicos se encuentran en los casos de personas que han adquirido a través de la experiencia habilidades especiales, como la capacidad de discriminación entre vinos, estilos pictóricos u obras auténticas o falsas de un determinado pintor. No obstante, el aprendizaje de diferenciación perceptiva no sólo es importante para la adquisición de habilidades 'excepcionales', sino también en procesos de adquisición más comunes, como la discriminación entre fonemas muy similares (p. ej., 'b' y 'p') durante el aprendizaje del lenguaje.
- *Análisis de rasgos.* La exposición prolongada a una determinada clase de estímulos puede tener también como consecuencia la adquisición de la capacidad de distinguir los diferentes elementos o rasgos que componen un estímulo complejo. Estímulos que un sujeto no entrenado percibe como un todo indiferenciado son percibidos en sus distintos componentes por el individuo 'experto', como cuando una persona no experta percibe el sonido de una orquesta sinfónica como un patrón sonoro indiferenciado, allí donde el sujeto entrenado es capaz de distinguir el sonido de los violines, del oboe o el trombón.

Ya hemos dicho que el aprendizaje perceptivo produce muchas veces cambios duraderos en el modo en que el cerebro trata los estímulos o responde a ellos. A este respecto, un ejemplo bien estudiado es el de la modificación de los mapas sensoriales corticales. En los distintos sistemas perceptivos existen zonas de la corteza que 'representan' diversos puntos de las áreas receptoras correspondientes, es decir, que se activan preferentemente ante estímulos aplicados en una zona concreta de la superficie receptora. Igual que en los mapas geográficos, donde se conservan las relaciones espaciales que se dan en la realidad, en los mapas corticales también existe correspondencia entre la distribución espacial de áreas de la corteza y la distribución espacial del *input* sobre la superficie sensorial. Por ejemplo, el *input* procedente de dos dedos adyacentes de la mano activará zonas adyacentes de la corteza somatosensorial; o el *input* visual procedente de puntos adyacentes de la retina activará grupos adyacentes de neuronas en el córtex visual primario. Pues bien, se ha demostrado en numerosos experimentos que los mapas sensoriales de la corteza cerebral no son fijos, sino que pueden ser modificados por la experiencia, de modo que la organización específica de los mapas de un individuo concreto es, en cierta manera, representativa de su experiencia anterior. En estudios con monos, se han demostrado modificaciones duraderas en las áreas de representación de los distintos dedos en la corteza somatosensorial, y se ha observado que la zona que respondía a los dedos sobrestimulados en una sencilla tarea de aprendizaje instrumental que el sujeto practicaba durante largo tiempo se ampliaba notablemente, 'tomando' zonas que en monos de control no entrenados respondían a la estimulación de otros dedos no empleados en la tarea.

Un efecto semejante se ha observado en nuestra especie, con personas ciegas expertas en la lectura por el sistema Braille. Mediante la utilización de diferentes técnicas para la medida de la actividad cerebral, como los potenciales evocados o diferentes técnicas de neuroimagen, se han observado cambios en los mapas somatosensoriales tras un año de aprendizaje del sistema Braille. Concretamente, se ha observado una ampliación de la representación de los dedos utilizados en la lectura al comparar la mano uti-

lizada en la lectura con la no empleada, así como al confrontar sujetos expertos con individuos no entrenados. Estos cambios en la representación cortical de los dedos son paralelos al incremento de la capacidad de los sujetos para realizar discriminaciones sutiles entre los patrones de estimulación táctil que constituyen las palabras 'escritas' en el sistema Braille. Un efecto similar de expansión de la representación cortical se ha observado en personas adultas que tocan desde hace años instrumentos de cuerda y que, por lo tanto, se exponen constantemente a la estimulación repetitiva de las puntas de los dedos de la mano izquierda; en estos individuos se observaba una ampliación del área de la corteza somatosensorial que respondía a la estimulación táctil de los dedos de la mano izquierda, en comparación con la derecha.

La plasticidad de los sistemas perceptivos y su modificación en función de la experiencia y el aprendizaje permiten explicar los conocidos efectos compensatorios que se producen en personas con alguna deficiencia sensorial. Por ejemplo, se ha observado que los sujetos ciegos muestran activación de zonas de la corteza occipital durante tareas de discriminación táctil, mientras que en sujetos videntes se observa exactamente lo contrario, es decir, una desactivación de esas áreas ante la estimulación táctil. Por lo tanto, parece que el córtex 'normalmente' visual es suficientemente plástico y abierto como para pasar a analizar información táctil, si no recibe el *input* visual normal.

Aprendizaje motor

El aprendizaje motor es el proceso de adquisición de secuencias integradas de movimientos con una determinada meta. Una interpretación ampliamente aceptada es que en el curso de esta forma de aprendizaje se va formando en la memoria una representación del acto motor, que consistiría en una especie de 'programa motor' que controla la ejecución del mismo. Estos programas motores se completan sólo tras una práctica continuada, en cuyo curso tiene lugar una transición desde una fase inicial de control voluntario y deliberado de los movimientos, imperfectos y con un alto número de errores, hasta una fase final, caracterizada por la ejecución prácticamente automática del acto motor. A medida que la ejecución del acto motor va automatizándose, se reduce también la demanda atencional exigida por la tarea, de modo que es posible realizar de forma simultánea al menos ciertas tareas. Es precisamente en esta fase cuando se supone que la actuación está controlada por el programa motor aprendido y cuando la ejecución del acto se independiza hasta cierto punto del *feedback*.

La interpretación tradicional de los programas motores los considera no como representaciones referidas a movimientos de músculos específicos, sino como representaciones abstractas de clases de acciones que poseen ciertas propiedades comunes invariantes (una especie de 'conceptos motores'). Según esta interpretación, un mismo programa motor controlaría, por ejemplo, los actos de escribir una misma palabra con distintos medios, superficies e incluso miembros, ya que se supone que los músculos específicos implicados en cada variante particular de la acción no se incluyen en el programa motor. Los rasgos invariantes incluidos en estas representaciones abstractas del movimiento serían características como la fuerza relativa del movimiento, la secuenciación de los distintos componentes y su temporización. El control de un acto concreto se verificaría mediante el envío de órdenes desde el programa motor a los músculos o grupos musculares implicados en su ejecución.

Aunque es probable que representaciones con propiedades similares a las postuladas para los programas motores intervengan

en el control de las destrezas motoras aprendidas como un control de orden superior para las características más generales de la tarea, actualmente existen pruebas de la adquisición de representaciones de movimientos más específicas, a las que podemos denominar 'modelos motores' y que resultarían de la interacción con objetos específicos; se ha propuesto que estos modelos consisten, por ejemplo, en asociaciones entre la trayectoria deseada de un miembro y el patrón de cambios musculares necesario para alcanzarla. La memoria de estos modelos específicos parece estar sujeta a una dinámica similar a la de otras variedades de memoria, pasando por distintas fases con propiedades funcionales diferentes, hasta su consolidación definitiva como elementos de la memoria motora de largo plazo.

Han comenzado también a delinearse algunos de los sistemas cerebrales que intervienen en el aprendizaje y almacenamiento de destrezas motoras. Mientras que ciertos núcleos del cerebelo parecen ser indispensables para el aprendizaje asociativo con respuestas motoras discretas y simples, así como para la adaptación de algunos reflejos motores, los ganglios basales parecen estar implicados en la adquisición de destrezas más complejas. A este respecto, algunos estudios neuropsicológicos sugieren que los ganglios basales se relacionan precisamente con la adquisición y ejecución implícita o automática de ciertas destrezas perceptivomotoras; por ello, es probable que esta estructura sea, al menos, un componente de los sistemas de memoria motora en los que almacenan las representaciones, sean programas o modelos motores, que permiten la ejecución automatizada y eficaz de las destrezas motoras.

ADQUISICIÓN DE DESTREZAS COGNITIVAS

Las destrezas cognitivas son procedimientos mentales que, aplicados a un conjunto de símbolos o representaciones, permiten llegar a una determinada solución. Cuando estas destrezas están bien aprendidas, funcionan como rutinas mentales que son aplicadas de forma automática y en muchos casos no deliberada. Del mismo modo que una destreza perceptivomotora compleja puede considerarse como una secuencia ordenada de actos motores orientada a una meta final y en la que pueden distinguirse distintos pasos o estadios dirigidos a submetas, las destrezas cognitivas pueden también considerarse como secuencias de operaciones mentales encaminadas a una solución o meta final. Mientras que las destrezas perceptivomotoras actúan sobre objetos o 'manipulandos' del entorno, las destrezas cognitivas actúan sobre 'objetos' mentales, es decir, sobre representaciones.

Una característica fundamental de las destrezas cognitivas es que son aplicables a todo un dominio o clase de problemas y pueden ser transferidas a un número indefinido de situaciones nuevas formalmente similares. Por ejemplo, una destreza aritmética como multiplicar mentalmente es aplicable a un número infinito de casos particulares de multiplicación; o la destreza sintáctica de transformar una frase de activa a pasiva puede aplicarse a cualquier conjunto de símbolos lingüísticos apropiados. La transferencia a nuevas situaciones o problemas, distintos a aquellos mediante los cuales se ha adquirido la destreza, no se basa en la similaridad perceptiva (tal como se produce la generalización del aprendizaje asociativo simple), sino en la similaridad formal, es decir, en la constancia del patrón de relaciones entre los diferentes elementos del problema. En este sentido, las destrezas cognitivas son destrezas 'abstractas' y forman parte de lo que podríamos llamar conocimiento 'genérico', frente al conocimiento referido a episodios concretos o a habilidades perceptivomotoras aplicables

a un dominio muy restringido, como escribir con el teclado del ordenador.

La adquisición de destrezas cognitivas, en el sentido de una aplicación fluida y eficaz de las mismas, conlleva cambios tanto en el contenido de la propia destreza como en los procesos de control aplicados a la misma. Así, se ha señalado que en el curso del aprendizaje de destrezas cognitivas sus elementos componentes se organizan en agrupamientos cada vez más generales (p. ej., los jugadores expertos de ajedrez aprenden a percibir las disposiciones particulares de fichas como configuraciones globales que les permiten de un vistazo comprender el estado del juego). Por otra parte, la aplicación inicialmente controlada y 'paso a paso' se automatiza progresivamente y se vuelve menos deliberada, un proceso que puede considerarse como una transición desde el conocimiento declarativo al conocimiento implícito. Precisamente, el grado en que es posible no sólo utilizar de modo implícito destrezas cognitivas adquiridas, sino incluso adquirir de forma implícita nuevas destrezas, es un tema muy debatido en la actualidad y con implicaciones importantes al considerar los patrones de déficit de memoria vinculados a diversas formas de amnesia.

Un ejemplo experimental de lo anteriormente comentado procede de los estudios con el paradigma de 'gramáticas artificiales', en la que la tarea del sujeto consiste en descubrir las 'reglas' por las que se ordenan una serie de letras; cada ítem consiste en una serie de letras y las reglas determinan aspectos como el orden o el número de repeticiones de letras que pueden ocurrir. La prueba del carácter abstracto del conocimiento que el sujeto va adquiriendo a través de la exposición a distintos ejemplares de la 'gramática' consiste en la clasificación de nuevos ítems. En principio, parecería que si el sujeto transfiriera el conocimiento previamente adquirido a nuevos ejemplares estaría manifestando su conocimiento de las reglas generales (abstractas) que constituyen la gramática. Es llamativo que este tipo de tarea sea resuelta por los amnésicos con daño en lóbulos temporales de modo similar a las personas normales, sobre todo cuando paralelamente el amnésico es incapaz de verbalizar cuál es la regla o conocimiento que aplica; se da, por lo tanto, una disociación entre la clasificación correcta de nuevos ejemplares y el conocimiento expreso de la regla aplicada. Por ello, se considera que el tipo de conocimiento adquirido en estas situaciones es de carácter implícito, no expresable deliberadamente por el sujeto, pero sí manifiesto en la conducta de clasificación de nuevos ejemplares.

Los estudios de gramáticas artificiales plantean algunas cuestiones importantes respecto al aprendizaje de destrezas cognitivas. Una es el aludido carácter implícito del conocimiento adquirido y la otra el grado en que este conocimiento es realmente abstracto. El hecho de que un sujeto clasifique correctamente pero no sea capaz de verbalizar la regla correcta no implica necesariamente que esté aplicando un conocimiento abstracto (una regla) adquirida de forma implícita y hay quien ha sugerido que quizá en estas situaciones, y en otras más comunes como el proceso de adquisición del lenguaje, simplemente no se aprenden reglas. En muchos casos se observa que el sujeto adquiere conocimientos fragmentarios muy específicos, basados fundamentalmente en la similaridad (p. ej., transiciones entre letras que ocurren con alta frecuencia en la muestra de ítems de aprendizaje) y que permiten posteriormente una clasificación más o menos correcta. El 'mensaje' principal de estas investigaciones se refiere a la probabilidad de que una parte considerable de la conducta o el pensamiento aparentemente guiado por reglas resulte de la acumulación progresiva de conocimientos específicos.

MEMORIA A CORTO PLAZO Y MEMORIA OPERATIVA

El modelo más tradicional sobre la organización de los sistemas de memoria en el cerebro se basa en la distinción entre memoria a corto plazo y memoria a largo plazo. Mientras que la memoria a corto plazo es un sistema que mantiene temporalmente la información recién percibida, la memoria a largo plazo conserva de forma duradera representaciones derivadas de los procesos perceptivos y de las actividades de procesamiento realizadas por el sujeto. La concepción actual de la memoria a corto plazo resalta la función de este sistema de memoria como una forma de memoria operativa o 'de trabajo' (*working memory*), cuya función sería la de asistir a toda una serie de tareas de razonamiento, a la planificación del curso de acciones futuras o la comprensión de los mensajes lingüísticos. Esta finalidad se cumple manteniendo temporalmente activa la información relevante para la tarea, que puede proceder de los órganos sensoriales o bien consistir en representaciones activadas de los sistemas de memoria a largo plazo.

La memoria operativa es concebida por Baddeley como un sistema múltiple compuesto de tres elementos principales: el bucle fonológico, la agenda visuoespacial y el ejecutivo o procesador central. Mientras que el bucle fonológico conserva temporalmente huellas acústicas de estímulos lingüísticos y se hace cargo del 'repaso' articulado y encubierto de la estimulación fonológica, la agenda visuoespacial tiene una función equivalente de mantenimiento y repaso activo de información perteneciente a los dominios visual y espacial. Finalmente, el ejecutivo central es un sistema hipotético de control atencional que administra diversos recursos cognitivos, fundamentalmente atencionales (p. ej., cambios de atención de una a otra tarea), y controla las estrategias que van a adoptarse durante la realización de diversas tareas. La función de este componente de la memoria operativa queda bien reflejada en una de las tareas experimentales más utilizadas para su estudio: la generación de números o letras al azar, que requiere que el sujeto evite deliberadamente repeticiones o secuencias estereotipadas de elementos y exige, por lo tanto, una 'vigilancia' atencional constante.

Aunque es muy probable que las variadas funciones de la memoria operativa sean resultado de la actividad de numerosos sistemas cerebrales, distintos tipos de pruebas señalan a la corteza prefrontal como parte fundamental de esos sistemas. Por una parte, el estudio de modelos animales de la memoria operativa indica qué células del córtex prefrontal manifiestan una actividad específica durante el tiempo de demora, en tareas en que el animal debe recordar durante unos segundos un estímulo recientemente presentado pero actualmente no presente, para a continuación responder correctamente al mismo (Fuster, Goldman-Rakic). Igualmente, estudios con técnicas de neuroimagen corroboran la implicación de sistemas neuronales del córtex prefrontal en tareas de memoria operativa.

Las deficiencias atencionales manifiestas por los pacientes con daño en los lóbulos frontales suelen interpretarse como debidas a un déficit en el funcionamiento del ejecutivo central. Una tarea bien conocida a este respecto es la del test de Wisconsin, en la que el sujeto debe cambiar frecuentemente el criterio de clasificación de un conjunto de tarjetas con estímulos visuales. Los pacientes con daño frontal muestran, precisamente, una marcada perseverancia en la aplicación de criterios de clasificación y escasa flexibilidad para aplicar nuevas estrategias a la solución de la tarea. Igualmente, se ha atribuido a los individuos con enfermedad de Alzheimer un funcionamiento defectuoso del sistema ejecutivo; estos pacientes

manifiestan dificultades especiales para realizar de forma combinada dos tareas (p. ej., una tarea de tiempo de reacción y una tarea visuomotora) en comparación tanto con personas jóvenes como con ancianos sanos. Estudios recientes con técnicas de neuroimagen apoyan la atribución de funciones ejecutivas a sistemas de los lóbulos frontales. Concretamente, se ha demostrado que la ejecución de dobles tareas, empleada habitualmente para la evaluación de las funciones ejecutivas, al implicar el control deliberado de los recursos atencionales y su distribución entre una y otra tarea, genera activación selectiva de la corteza prefrontal (área 46).

MEMORIA A LARGO PLAZO

Memoria semántica y memoria episódica

Como hemos visto anteriormente, una concepción habitual de la memoria a largo plazo distingue entre sistemas o funciones de memoria episódica y de memoria semántica. Evidentemente, ambos sistemas son interdependientes. El conocimiento general, característico de la memoria semántica, se adquiere a través de episodios específicos y, al mismo tiempo, los episodios particulares que conforman la memoria episódica se comprenden e interpretan en el marco de conocimientos más generales. No obstante, sí es cierto que ambos tipos de información manifiestan distintas propiedades (p. ej., la diferente dependencia respecto al contexto de adquisición) y existen también pruebas neuropsicológicas de una posible independencia neuroanatómica. Los déficit de memoria episódica son comunes en pacientes con enfermedad de Alzheimer y, a veces, aparecen sin déficit asociados de carácter semántico, al menos en los estadios iniciales de desarrollo del trastorno. Las dificultades para la adquisición de nuevos conocimientos episódicos se atribuyen a la desconexión del hipocampo y los sistemas de análisis sensorial, mientras que los déficit en la memoria semántica (p. ej., deficiente conocimiento conceptual referido a objetos cotidianos, escasa fluidez en la generación de nombres de una determinada categoría como 'mueble' o 'animal') podrían deberse a la expansión de la enfermedad a la neocorteza temporal.

La especificidad de la memoria semántica es más evidente en los casos de la llamada 'demencia semántica', caracterizada por pérdidas importantes de vocabulario tanto en el ámbito de la comprensión como de la producción, pero en la que también queda seriamente alterado el conocimiento conceptual a un nivel general y no sólo lingüístico. Estos pacientes muestran, sin embargo, una memoria episódica normal, al menos en cuanto a hechos relativamente recientes, y una capacidad inalterada de adquisición de nueva información autobiográfica. Los estudios de neuroimagen realizados con estos pacientes apuntan a la neocorteza temporal inferolateral (especialmente en el hemisferio izquierdo) como principal área afectada. Por otra parte, los estudios longitudinales realizados con pacientes con demencia semántica muestran un patrón de pérdida que avanza desde la pérdida de conocimiento acerca de las propiedades más específicas, hacia la pérdida del conocimiento de rasgos o propiedades generales.

Memoria explícita y memoria implícita

Además de la mencionada distinción entre memoria semántica y episódica, una diferenciación a la que actualmente se presta gran atención es la existente entre memoria y aprendizaje explícitos e implícitos (una denominación alternativa es la de memoria declarativa y memoria procedimental). Esta distinción se basa fundamentalmente en estudios neuropsicológicos con pacientes amnésicos,

en los que se observa una disociación entre capacidades alteradas y conservadas de aprendizaje y memoria a largo plazo. Se entiende por aprendizaje explícito aquel proceso de adquisición de habilidades o de información que el sujeto realiza de forma deliberada y consciente; por el contrario, el aprendizaje implícito es el que ocurre de forma no intencional ni controlada por el sujeto. Del mismo modo, se habla de memoria explícita cuando el sujeto recuerda deliberadamente un episodio (p. ej., cuando intentamos recordar un nombre que 'no nos viene a la cabeza'). Cuando se utiliza la memoria de forma explícita, el sujeto no sólo emplea información anteriormente adquirida, sino que es consciente de estar haciéndolo y es capaz de dar numerosos detalles relativos a la adquisición de esa información; por esto se habla a veces de memoria 'declarativa', que puede ser 'declarada' o expresada conscientemente en proposiciones verbales. La memoria implícita, en cambio, es la que se manifiesta conductualmente sin que el sujeto sea capaz de describir la información que utiliza y sin necesidad de que deba ser consciente ni siquiera del hecho de que anteriormente adquirió esa habilidad.

La observación empírica que dio origen a la distinción entre memoria explícita e implícita es la conservación de ciertas capacidades de aprendizaje y memoria en pacientes con amnesia producida por daño en los lóbulos temporales, especialmente en el hipocampo, amígdala y zonas adyacentes. Estos pacientes manifiestan grandes dificultades para adquirir información nueva que luego puedan recordar deliberadamente, por ejemplo reconocer a una persona a la que conocieron el día anterior, aprender nombres nuevos, etc. Sin embargo, se ha demostrado que pueden adquirir con la misma eficacia que una persona normal diversas habilidades perceptivomotoras e incluso nuevas destrezas cognitivas, como la capacidad de escribir programas informáticos o de aprender categorías o conceptos nuevos. Un rasgo notable de las habilidades de memoria conservadas en estos pacientes es que manifiestan signos claros de aprendizaje, a pesar de carecer de recuerdos concretos sobre los propios episodios de aprendizaje o sobre los materiales que han utilizado durante el mismo. En una misma tarea el sujeto puede manifestar una actuación perfecta, pero fallar cuando se le piden detalles sobre su conocimiento explícito de la tarea o de su propia habilidad para ejecutarla. Es por ello que al conjunto de capacidades de memoria conservadas en los amnésicos de lóbulos temporales se da el nombre de 'memoria implícita'.

Uno de los principales especialistas en este área, Larry Squire [2], ha propuesto un sistema de clasificación de las distintas funciones de aprendizaje y memoria a largo plazo, basado en la evidencia procedente de estudios neuropsicológicos. Debido precisamente a la naturaleza de la base empírica de esta clasificación, se supone que las diferentes funciones se corresponden con distintos sistemas cerebrales. La visión que esta clasificación nos ofrece es la de un sistema de memoria distribuida, en el sentido de que, a pesar de que sea posible identificar cada una de las diversas funciones de memoria con determinados substratos neuroanatómicos, no puede hablarse de un 'sistema de memoria' en el cerebro del mismo modo que podemos hablar de la corteza visual o somatosensorial. Por el contrario, es muy probable que 'memoria' y 'aprendizaje' sean capacidades de numerosos sistemas cerebrales, corticales y subcorticales, dotados de plasticidad y capaces, por lo tanto, de modificarse en función de la experiencia. La clasificación propuesta por Squire divide la memoria a largo plazo en dos grandes sistemas: el sistema de memoria explícita y un conjunto de subsistemas de memoria implícita. La memoria explícita se identifica en gran parte con lo que Tulving denomina 'memoria episódica', es decir, el conoci-

miento consciente acerca de eventos vividos personalmente y ligados a contextos temporospaciales específicos. La recuperación de la información del sistema de memoria explícita se realiza de forma deliberada o es activada asociativamente a través, por ejemplo, de claves contextuales. Parece razonablemente demostrado que el hipocampo es necesario para la adquisición de este tipo de información, aunque quizá no lo sea tanto para su conservación a largo plazo. La hipótesis más aceptada actualmente es que el hipocampo es necesario para la fase inicial de adquisición del conocimiento explícito pero no es, sin embargo, un sistema de almacenamiento de la memoria. El proceso de consolidación de la memoria explícita parece depender del intercambio entre el hipocampo y diversas zonas corticales, a través de sistemas bidireccionales de conexiones córtico-hipocámpales; asimismo, parece que los sistemas de almacenamiento se localizarían a nivel cortical y de nuevo dependerían del hipocampo la reactivación y organización, para su utilización, de esas 'memorias corticales'.

Actualmente, el término 'memoria implícita' es un amplio campo de estudio en el que caben numerosas capacidades de aprendizaje y memoria. Así como en el caso de la memoria explícita puede hablarse del hipocampo como estructura cerebral crítica para su formación, no existe una estructura o sistema cerebral del que dependa la adquisición del conocimiento implícito. Diversas capacidades adscritas a la memoria implícita dependen para su adquisición de sistemas cerebrales muy diversos. Así, los efectos de facilitación perceptiva (*priming*), que se conservan en los amnésicos de lóbulos temporales, parecen depender de las distintas zonas corticales de análisis sensorial. En cambio, como ya hemos visto anteriormente, los ganglios basales parecen ser críticos para la adquisición

de nuevas destrezas motoras y algunas pruebas recientes indican que también podrían estar implicados en la adquisición de ciertas destrezas cognitivas. Los procesos de condicionamiento, que pueden tener lugar a nivel no consciente y que también manifiestan los amnésicos de lóbulos temporales, se incluyen igualmente en la categoría de memoria implícita y dependen de diversas estructuras, según la naturaleza del condicionamiento.

La distinción entre memoria explícita e implícita debe tomarse con cierta precaución. En primer lugar, aun aceptando la realidad de esta distinción, es muy probable que no existan tareas 'puras' de memoria explícita o implícita. En cierto sentido, toda actividad cognitiva tiene forzosamente un importante componente 'implícito'. Por ejemplo, incluso cuando se intenten aplicar estrategias deliberadas a la hora de recuperar un nombre que no acabamos de recordar, el proceso por el cual el nombre nos viene definitivamente a la conciencia es, sin duda, totalmente desconocido para nosotros a nivel consciente; es, en ese sentido, totalmente 'implícito'. Además, ya hemos visto cómo en muchos casos una tarea se realiza paso a paso y de forma deliberada al principio de su adquisición para llegar finalmente a ejecutarse de forma automática y sin necesidad de un control consciente continuo. La transición desde el control deliberado inicial hasta la ejecución automatizada final de una misma tarea puede interpretarse como una transición desde el uso explícito al implícito de la información o la habilidad adquirida. Por otra parte, la propia validez de la distinción entre conocimiento explícito e implícito está siendo discutida por algunos investigadores, los cuales argumentan que no existen pruebas suficientes para afirmar que su adquisición y funcionamiento se basen en mecanismos diferentes.

BIBLIOGRAFÍA

1. Goldstone RL. Perceptual learning. *Ann Rev Psychol* 1998; 49: 585-612.
2. Squire L. *Memory and Brain*. Oxford: Oxford University Press; 1987.
3. Cohen NJ, Eichenbaum H. *Memory, amnesia and the hippocampal system*. New York: Bradford Books; 1993.
4. Ellis & Young. *Neuropsicología cognitiva humana*. Barcelona: Ed Masson; 1992.
5. Kandel E, Jessell T, Schwartz J. *Neurociencia y conducta*. Madrid: Prentice Hall; 1996.
6. Kolb B, Whishaw I. *Fundamentos de neuropsicología humana*. Barcelona: Labor; 1986.
7. Magill R. *Motor learning*. Dubuque, Iowa: WC Brown Publishers; 1989.
8. Schacter DL, Tulving E. *Memory systems*. New York: Bradford Books; 1994.
9. Schanks D. *Psychology of associative learning*. Cambridge: Cambridge University Press; 1998.
10. Zola-Morgan S, Squire LR. *Neuroanatomy of memory*. *Ann Rev Neurosci* 1993; 16: 547-64.

APRENDIZAJE Y MEMORIA

Resumen. Introducción. *El artículo presenta una breve revisión de los conocimientos actuales acerca de los procesos de aprendizaje y memoria, considerados desde los niveles conductual, cognitivo y neuronal. Desarrollo. Después de establecer la distinción entre las principales variedades generales del aprendizaje (procesos de aprendizaje conductual, procesos de adquisición de habilidades y procesos de adquisición de información), se analizan los fenómenos concretos de aprendizaje característicos de cada una de ellas. El aprendizaje asociativo se estudia en sus variantes conductuales (condicionamiento pavloviano y aprendizaje instrumental) y cognitivas (aprendizaje predictivo y categorización). Se analizan igualmente las propiedades del aprendizaje perceptivo y motor, así como las características de los procesos de adquisición de destrezas cognitivas, como el aprendizaje de reglas. A continuación, se trata la distinción entre memoria a corto y largo plazo, y se caracteriza la memoria a corto plazo como un sistema de memoria operativa que asiste a la realización de numerosas tareas de pensamiento y razonamiento. Finalmente, se consideran las dos principales teorías de la memoria a largo plazo y se establecen las distinciones entre memoria semántica y episódica y entre memoria implícita y explícita. [REV NEUROL 2001; 32: 373-81] [<http://www.revneurol.com/3204/k040373.pdf>]*

Palabras clave. Aprendizaje asociativo. Aprendizaje perceptivo y motor. Memoria. Procesos de aprendizaje y memoria.

APRENDIZAGEM E MEMÓRIA

Resumo. Introdução. *O artigo apresenta uma breve revisão dos conhecimentos atuais sobre os processos de aprendizagem e memória, considerados nos planos de conduta, cognitivo e neuronal. Desenvolvimento. Depois de estabelecer a distinção entre as principais variedades gerais da aprendizagem (processos de aprendizagem de conduta, processos de aquisição de capacidades e processos de aquisição de informação), analisam-se os fenómenos concretos de aprendizagem característicos de cada uma delas. A aprendizagem associativa é estudada nas suas variantes condutuais (condicionamento pavloviano e aprendizagem instrumental) e cognitivas (aprendizagem preditiva e categorização). Analisam-se igualmente as propriedades da aprendizagem perceptiva e motora, bem como as características dos processos de aquisição de habilidades cognitivas, como a aprendizagem de regras. De seguida, trata-se da distinção entre memória a curto e a longo prazo, e caracteriza-se a memória a curto prazo como um sistema de memória operativa que assiste à realização de numerosas tarefas de pensamento e raciocínio. Finalmente, consideram-se as duas principais teorías da memória a longo prazo e estabelecem-se as distinções entre memória semântica e episódica e entre memória implícita e explícita. [REV NEUROL 2001; 32: 373-81] [<http://www.revneurol.com/3204/k040373.pdf>]*

Palavras chave. Aprendizagem associativa. Aprendizagem perceptiva e motora. Memória. Processos de aprendizagem e memória.