
DESARROLLO DE LA MEMORIA DECLARATIVA

DEVELOPMENT OF DECLARATIVE MEMORY

ALEJANDRA CARBONI ROMÁN
Centro de Magnetoencefalografía
Dr. Pérez Modrego
Universidad Complutense de Madrid

e-mail: carboni@gmail.com

RESUMEN

Las estructuras mediales temporales, principalmente el hipocampo, cumplen una labor fundamental para el desarrollo de la memoria asociativa. Estas estructuras tienen un desarrollo más tardío que aquellas que sostienen la memoria procedimental y el condicionamiento.

El presente trabajo se centró en la valoración conductual de la memoria asociativa en dos momentos evolutivos distintos.

Comparamos el desempeño de un grupo de niños pequeños (6-7 años) y un grupo de niños mayores (11-12 años) en dos tareas de memoria, una tarea de pares asociados y una tarea de ítems simples.

Los niños pequeños realizaron la tarea de aprendizaje de ítems simples significativamente mejor y más rápido que la tarea de aprendizaje de pares asociados. Por otro lado, los niños mayores tuvieron un desempeño mejor y más rápido en ambas tareas mostrando, también, una disminución del tiempo de reacción en la tarea de pares asociados.

ABSTRACT

Medial temporal lobe structures, basically the hippocampus, play a fundamental role in associative memory development. These structures developed later than those sustaining procedural memory and conditioning.

The present work focus in the behavioural assessment of associative memory in two different evolutive stages.

We compared both the performance of young children (6-7 years) and old children (11-12 years) in two memory tasks, one associative learning task and other simple item learning task.

The young children carry out the simple item learning task significantly better and faster than the associative pairs learning task. On the other hand, the old children had better and faster performance in both task, and also show a reaction time decrease in associative pairs learning task.

PALABRAS CLAVE

Memoria asociativa, desarrollo, lóbulo temporal medial.

KEY WORDS

associative memory, development, medial temporal lobe.

INTRODUCCIÓN

Aprendizaje y memoria son dos procesos estrechamente ligados que generan cambios adaptativos en la conducta. La estabilización de los cambios neurales que tienen lugar tras el aprendizaje permite la consolidación de las memorias y su mantenimiento a lo largo del tiempo. La memoria es el eje principal del desarrollo cognitivo, gracias a ella acumulamos conocimiento sobre el mundo y nosotros mismos. Sin memoria nuestra vida perdería sentido de continuidad, "cada día, cada hora, cada instante significaría el fin de una cosa y el comienzo de otra" (Ruiz-Vargas, 1991).

Durante años los investigadores han discutido de manera constante la naturaleza múltiple o unitaria de la memoria. Sus posturas oscilan entre quienes sostienen que la memoria es una entidad unitaria y que las diferencias funcionales son sólo diferentes aspectos de un único sistema, y quienes postulan que la memoria es el nombre genérico por el cual se reconoce distintos sistemas cerebrales que interactúan entre sí.

Evidencias provenientes de distintos estudios con personas normales, pacientes amnésicos y modelos animales, muestran disociaciones que conducen a la distinción de diferentes tipos o sistemas de memoria.

SISTEMAS DE MEMORIA

Hebb, en 1949 fue el primer autor que postuló que la memoria podría dividirse en dos subsistemas: un sistema a corto plazo, de almacenamiento temporal de la información dependiente de circuitos reverberantes y, otro sistema a largo plazo, más perdurable y ligado a cambios estructurales en el sistema nervioso (Hebb, 1949).

Cuatro años más tarde, el caso H.M. se constituiría un hecho paradigmático para el estudio de las bases neuroanatómicas de la memoria. H.M. sufría una epilepsia refractaria al tratamiento médico, por lo cual para aliviar los síntomas se le realizó una escisión bilateral de la región temporal medial, incluyendo la amígdala, el giro parahipocampal y los dos tercios anteriores del hipocampo (Scoville & Milner, 1957).

Como consecuencia de la intervención quirúrgica, H.M manifestó una pérdida selectiva de la memoria, afectándose principalmente su capacidad para almacenar nueva información. Por otra parte, podía evocar viejos recuerdos, tenía un buen vocabulario, así como habilidades lingüísticas y capacidad intelectual normales. H.M. también preservaba intacta la capacidad para repetir una lista de 5 o 6 dígitos, pero si se le impedía repetirlos o el número de dígitos superaba la amplitud de la memoria a corto plazo, no podía recuperarlos sin importar el número de repeticiones que se le hiciera de la lista. Esta disociación permitió establecer la distinción entre memoria a largo plazo (MLP) y memoria a corto plazo (MCP).

Estudios posteriores, permitieron establecer la especificidad de los déficits de memoria asociados a daño hipocampal bilateral, de esta manera se describió, que los déficits de memoria en H.M quedaban circunscritos a la adquisición de nuevos hechos y eventos (memoria declarativa), quedando intacta la capacidad para aprender y retener hábitos y destrezas motoras (memoria procedimental).

Otro hecho observado en H.M fue la incapacidad para recordar eventos cercanos en el tiempo ocurridos con anterioridad a la instauración de la amnesia. Esto a llevado a algunos autores a suponer que el rol del hipocampo en la memoria a largo plazo sería limitado en el tiempo. (Squire, 1992; Zola-Morgan & Squire, 1990) Los recuerdos se reorganizarían y consolidarían a medida que pasan los años, este proceso disminuiría la participación del hipocampo y daría lugar a la intervención de la neocorteza.

La llegada de nueva información al sistema hipocampal produciría dos efectos: i) el olvido del material almacenado por la formación de nuevas conexiones que interfieren con la coherencia de redes establecidas y el debilitamiento o pérdida de conexiones preexistentes; ii) el desarrollo más coherente de redes distribuidas que en conjunto constituyen un recuerdo, probablemente a través del establecimiento de conexiones córtico-corticales. (Squire, 1992).

Los sistemas de memoria estarían representados por diferentes estructuras neurales y sus correlatos conductuales y cognitivos (Tulving, 1985), desde el punto de vista funcional podemos considerarlo como una "interacción entre los mecanismos de adquisición, retención y recuperación, caracterizada por ciertas reglas de funcionamiento" (Sherry & Schacter, 1987) lo cual permite el funcionamiento integral del sistema.

Squire (1992), considerando diversos estudios clínicos y de experimentación realizado con animales concluye que existen dos sistemas de memoria: un sistema de memoria declarativo, dependiente fundamentalmente del hipocampo y, un sistema de memoria no declarativo, el cual reúne una serie de habilidades

que no requieren participación del hipocampo pero sí del neoestriado, el cerebelo, la amígdala, y la neocorteza posterior (Squire, 1992) Tabla 1.

Según este autor sólo la memoria declarativa tiene una dimension temporal (memoria a corto y a largo plazo), mientras que en la no-declarativa el aprendizaje se produce en forma permanente en función de la práctica y difícilmente se olvide. La memoria episódica alimentaría la semántica, los conceptos serían la consecuencia de exponerse muchas veces a un determinado evento.

Tabla 1. *Sistema de memoria Squire (1992)*

NO DECLARATIVA			DECLARATIVA	
No asociativa		Priming	Semántica	Episódica
Habitación	Habitos/Destrezas			
Sensibilización	Condicionamiento simple			

Tomado de Squire, L.R. (1992). Memory and the hippocampus: a synthesis from findings with rats, monkeys and humans. *Psychol Rev.* 99(2), 195-231.

Tulving y Schacter (1990), definen cinco sistemas de memoria en función de: los mecanismos cerebrales involucrados, el tipo de información que codifican, y, los principios de sus operaciones. Para Tulving las memorias a corto plazo y episódicas serían explícitas, y el resto (procedimental, priming y semántica) implícitas (Tabla 2).

Tabla 2. *Sistema de memoria según Tulving y Schacter (1990).*

Memoria procedimental	Hábitos/destrezas, condicionamiento simple
Sistema de representación perceptual	Priming
Memoria corto plazo	Información rápidamente disponible sobre eventos recientes.
Memoria semántica	Conocimiento general del mundo
Memoria episódica	Memoria autobiográfica

Tomado de Tulving, E. and Schacter, D.L. (1990). Priming and human memory systems. *Science*, 247 (4940), 301-306.

En cuanto a la dimensión temporal de la memoria, Atkinson y Shiffrin (1971) proponen un modelo en el cual la memoria estaría compuesta por 3 subsistemas. Un registro sensorial, que involucraría la memoria icónica y la ecoica, un almacén a corto plazo donde la información quedaría retenida en un sistema temporal y de capacidad limitada y, un almacén a largo plazo caracterizado por tener una capacidad ilimitada. Baddeley (2000) propone una revisión del sistema de memoria a corto plazo y, plantea el concepto de "working memory" memoria operativa, el cual describe un sistema que permite mantener la información mientras se produce un procesamiento activo de la misma (Baddeley & Hitch, 1974).

Como se estableció en el apartado sobre sistemas de memoria, la descripción de Scoville y Milner en el año 1957 sobre el caso H.M, estableció la importancia de las estructuras temporales mediales para la memoria. Este caso demostró que la habilidad para adquirir nuevos conocimientos es distinta y de la inteligencia y la personalidad (Scoville & Milner, 1957).

Posteriormente estudios con pacientes amnésicos, monos y roedores revelaron que las estructuras temporales mediales son fundamentales y específicas para la memoria declarativa y que los tipos de memoria no declarativos dependen de otros sistemas cerebrales (Schacter & Tulving, 1994; Squire, 1992).

Otra línea de trabajo cuyos aportes han sido significativos para la comprensión de los mecanismos celulares que subyacen en este proceso cognitivo es la experimentación con animales. Para ello se utilizaron tareas de respuesta demorada, a través de los siguientes paradigmas: i) tarea de respuesta demorada no emparejada con el ejemplo (DNMS, del inglés, delay-nonmatching-to sample task) y ii) tarea de respuesta demorada emparejada con el ejemplo (DMS, del inglés, delay-matching-to sample-task). En estas tareas se presenta un objeto estímulo seguido de un intervalo variable de espera, luego del intervalo se vuelve a presentar el objeto estímulo acompañado de un objeto nuevo. Para recibir la recompensa, el animal debía elegir el objeto nuevo si se trabaja con el primer paradigma (DNMS) o el viejo si se trabaja con el segundo (DMS).

El deterioro de la capacidad para realizar estas tareas en monos con lesiones cerebrales específicas en el hipocampo, la amígdala y el cortex adyacente, derivaron en la construcción de un modelo animal para la amnesia del lóbulo temporal medial en humanos. Los hallazgos concluyen que la formación hipocampal (áreas CA del hipocampo, el giro dentado, el subiculum, y la corteza entorrinal) la corteza perirrinal adyacente y la corteza parahipocampal son los componentes principales del lóbulo temporal medial en relación a la memoria (Squire & Zola-Morgan, 1991).

Cuando en los monos el daño cerebral afectaba este sistema, se producía un patrón de deficiencia similar al de pacientes amnésicos con igual daño cerebral, cuanto más componentes del lóbulo temporal medial estuvieran afectados mayor era el impedimento de memoria observado.

Esto llevo a algunos autores a considerar que las estructuras del lóbulo temporal medial trabajaban juntas como una unidad funcional (Murray & Bussey, 2001; Tulving & Markowitsch, 1998) sin embargo investigaciones posteriores postularon que posiblemente cada estructura aportaría información cualitativamente diferente al sistema (Zola-Morgan, Squire & Ramus, 1994).

Dentro del los componentes del sistema, el hipocampo cumple un papel jerárquico, recibiendo aferencias del cortex entorrinal, perirrinal y parahipocampal. El cortex entorrinal es la mayor fuente de proyecciones corticales hacia el hipocampo, el cortex perirrinal y el parahipocampal envían el 60% de proyecciones corticales hacia el cortex entorrinal, recibiendo proyecciones de áreas unimodales y polimodales de los lóbulos frontales, temporales y parietales. El cortex entorrinal también recibe y envía proyecciones a la corteza orbitofrontal, el cíngulo, la ínsula, el giro temporal superior (Squire & Zola-Morgan, 1991).

Basados en estos hallazgos anatómicos los investigadores postularon que posiblemente el hipocampo combine funciones realizadas por las estructuras que le envían proyecciones, así como que algún aspecto de la memoria este relacionado única y específicamente con él.

Como se ha mencionado anteriormente, el lóbulo temporal medial cumple un rol fundamental en la memoria declarativa, en particular el hipocampo es fundamental en dos componentes de este sistema de memoria, la memoria episódica, nuestra capacidad para acumular experiencias personales únicas y, la adquisición de conocimiento semántico o fáctico.

Existen distintas perspectivas sobre los mecanismos por los cuales el hipocampo sostiene la memoria declarativa, pero si consideramos los elementos comunes a todas, podemos resumir que existen tres procesos cognitivos básicos mediados por el hipocampo: i) la representación asociativa; ii) la organización secuencial; iii) y la red relacional. Así como un conjunto de propiedades neurofisiológicas características del circuito hipocampal que podrían sostener estos procesos: aferencias convergentes, conexiones recurrentes y potenciación a largo plazo (del inglés: long-term potentiation, LTP).

Vivimos nuestras vidas a través de experiencias personales, construyendo inicialmente la realidad como una forma de bucle episódico que contiene la representación de la cadena de eventos tal como han ocurrido (Baddeley, 2000).

La memoria de un día de trabajo, por ejemplo, puede ser descompuesta en series de *representaciones asociativas*, en las cuales cada evento discreto incluye las personas relevantes a ese día, sus acciones, el lugar donde se desarrollaron esas acciones, etc.

Estas representaciones se *organizan secuencialmente* de manera que transforman la cadena de eventos en una experiencia única. La memoria episódica contiene no solo ítems específicos a recordar, sino la experiencia de los eventos que le preceden o le siguen (Tulving, 2002).

Sumado a esto, la memoria episódica no existe aislada, sino que comparte características comunes con otras memorias que sostienen información similar o estrechamente relacionada con esa experiencia.

Por ejemplo, las personas pueden haber coincidido en otras ocasiones, las acciones pueden haber sido similares a otra jornada de trabajo, el tema tratado pudo ser el mismo, etc. Durante el encuentro actual, podemos recordar elementos específicos de jornadas de trabajo previas, así como información general reclutada de muchas otras experiencias relacionadas (Eichenbaum, 2004).

Una manera en que tanto las memorias específicas (episódicas) y, la información común (semántica) a ellas se organiza es codificar las características comunes de las experiencias en una *red relacional* (Figura1).

Esta red permite, primero, que las características comunes de las distintas memorias se conviertan en elementos semánticos sin tiempo, no atados a ningún episodio particular. Segundo, que los elementos que codifican características comunes, asocien una memoria con otra permitiendo comparar y contrastar memorias y, realizar inferencias sobre eventos indirectamente relacionados. Estas propiedades de la red relacional otorgan el sello de flexibilidad de la memoria declarativa. (Cohen, 1984).

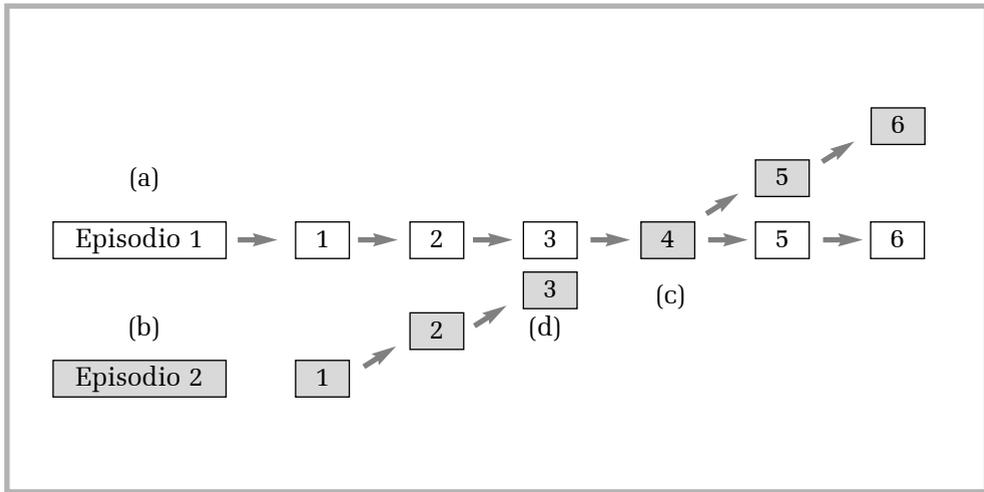


Figura 1. Diagrama de una red relacional simple. La red está compuesta por dos memorias episódicas (a y b), cada una representada como una secuencia de elementos (1-6). (c) es un elemento que contiene la misma característica en los dos episodios. (d) es un elemento que contiene sólo alguna información común (Eichenbaum, 2004).

En cuanto a las características neurofisiológicas del circuito hipocampal que median la memoria declarativa, se destacan tres propiedades fundamentales particularmente prominentes en la región CA3:

1. Aferencias convergentes desde prácticamente todas las áreas de asociación cortical que se distribuyen ampliamente en la población celular del hipocampo (Amaral & Witter, 1995). De esta forma, las células principales de CA3 reciben considerable información perceptual de alto nivel sobre el estímulo atendido, así como claves espaciales referidas al mismo.
2. Conexiones recurrentes desde las áreas principales de CA3 a otras regiones de CA3. Estas conexiones están ampliamente distribuidas en la población de CA3 y envuelven las principales sinápsis excitatorias de glutamato (Amaral & Witter, 1995).
3. Potenciación a largo plazo (PLP), la característica más llamativa del hipocampo es su rápida plasticidad sináptica (Bliss & Collingridge, 1993). En particular una forma de PLP dependiente de los receptores de N-metil

D-aspartato (NMDA) fuertemente asociados a la memoria (Martin, Grimwood, & Morris, 2000).

Estas propiedades posiblemente sostengan los procesos cognitivos elementales que subyacen la memoria declarativa. En primer lugar, porque las representaciones asociativas al estar formadas por activaciones simultáneas de múltiples aferentes a CA3, constituirían un patrón complejo por el cual la presentación de una parte de la representación produciría activación celular permitiendo la recuperación total de la misma. Sumado a esto, las conexiones recurrentes pueden sostener este patrón complejo expandiendo la activación de algunos elementos a todos los elementos que componen la red de activación previa de CA3.

En segundo lugar por la organización secuencial de las representaciones de memoria sostenidas por el hipocampo y, en particular, el área CA3. Levy propuso que las características específicas de CA3, especialmente la escasez de sus conexiones recurrentes y gran excitabilidad, combinadas con la rápida plasticidad sináptica, producen conexiones asimétricas que pueden representar secuencias de entrada de información de patrón único, reproduciendo espontáneamente secuencias de aprendizaje (Levy, 1989, 1996).

De acuerdo con esto, cuando inputs de patrones temporales llegan al hipocampo, un rápido mecanismo de PLP establece una activación secuencial entre las células. El reclutamiento de conexiones recurrentes es unidireccional, puesto que la probabilidad de que exista una conexión recíproca "hacia atrás" de una secuencia de células "hacia delante" es muy baja en relación con la escasa conectividad en conjunto (Levy, 1989, 1996).

A pesar que el almacenaje secuencial y la recuperación fueron inicialmente propuestos como características de CA3, modelos subsiguientes han demostrado que cuanto más complejas y recíprocamente conectadas están las redes neurales en el giro dentado y CA3, más fiable es la recuperación de secuencias. Esto permite que CA1 decodifique la secuencia de señales hacia el cortex y compare las predicciones de la red para el próximo ítem secuencial con la información actual que le llega.

En tercer lugar, la red relacional incluye células que no reciben inputs externos sino que desarrollan patrones de actividad asociados con una secuencia en particular o con secuencias yuxtapuestas. Cuando los episodios se repiten, estas células brindan un contexto temporal por el cual los ítems de una secuencia particular son codificados juntos, si estas asociaciones incorporan eventos específicos para un episodio particular, pueden ayudar a quitar la ambigüedad de patrones sucesivos yuxtapuestos con distintas secuencias (Levy, 1996; Sohal & Hasselmo, 1998).

Al mismo tiempo, cuando el link es activado por episodios separados que comparten una serie de características yuxtapuestas, pueden permitir la asociación de episodios discontinuos que comparten esas características, de esta manera las mismas propiedades de la red que permiten la codificación como secuencia de eventos contiene los medios para ligar y quitar ambigüedad a episodios relacionados (Agster, Fortin & Eichenbaum, 2002).

A pesar de que distintas investigaciones han generado un cúmulo importante de evidencias que relaciona, estrechamente, la formación hipocampal con la memoria declarativa, aun existe controversia en cuanto a su contribución específica para la memoria.

Muchos investigadores, han sugerido que la contribución del hipocampo a la memoria humana podría estar limitada a la memoria episódica, la detección de novedad, el procesamiento semántico profundo y la memoria espacial (Henke, Weber, Kneifel, Wieser, & Buck, 1999). Pero últimamente numerosas investigaciones con neuroimagen funcional han demostrado que esta formación se encuentra estrechamente ligada a la memoria asociativa. Según estas investigaciones, el hipocampo cumpliría la función de asociar estímulos, acciones, y lugares (Eichenbaum, 2004) .

Estos estudios se basaban en la comparación de dos tipos de tareas, una tarea en la que los sujetos debían codificar los estímulos mediante una estrategia asociativa y otra en la que la codificación de estímulos se realizaba de forma individual. Los estudios reportaron aumento de la actividad hipocampal cuando los sujetos realizaban una tarea asociativa (Davachi & Wagner, 2002; Giovanello, Schnyer & Verfaellie, 2004; Henke, Buck, Weber & Wieser, 1997; Henke et al., 1999). Mas aun, sugirieron que el monto de actividad de la formación hipocampal durante el proceso de comparación y asociación de estímulos podía ser predictorio del desempeño posterior en la tarea de reconocimiento (Davachi & Wagner, 2002).

Por ejemplo, Henke et al. en 1997, realizó un estudio con PET (Tomografía por emisión de positrón) en el que se observaba la activación del hipocampo cuando los sujetos realizaban asociaciones entre un sujeto y una casa y, cuando los sujetos emitían juicios independientes sobre distintos sujetos y casas. La activación del hipocampo cuando los sujetos realizaban la tarea asociativa fue mayor que cuando ejecutaban la tarea de juicio individual (Henke et al., 1997).

Un estudio posterior, de la misma autora, comparó la activación de la formación hipocampal en distintas tareas de aprendizaje de palabras presentadas visualmente. Las tareas consistían en la utilización de tres estrategias de aprendizaje diferente: i) codificación profunda ii) codificación superficial, y iii) aprendi-

zaje asociado. Ni la detección de novedad, ni el procesamiento profundo activaron la formación hipocampal tanto como la asociación semántica entre palabras (Henke et al., 1999).

Congruente con la idea de que el hipocampo, es fundamental para la asociación entre ítems, distintos estudios neuropsicológicos basados en tareas de asociación de palabras, caras o caras y profesiones, encontraron que el reconocimiento de asociaciones esta alterado en pacientes amnésicos, aún cuando el reconocimiento de ítems simples permanece (Giovanello, Verfaellie & Keane, 2003).

Por otro lado, otros estudios reportaron activación de áreas adyacentes al hipocampo así como áreas corticales durante el proceso asociativo (Kirwan & Stark, 2004). Estos hallazgos sostienen la visión de que varias áreas de la corteza cerebral también participarían en la combinación de estímulos, aunque de forma diferencial al proceso asociativo del hipocampo.

El hipocampo estaría fuertemente implicado en la codificación de eventos como asociaciones entre estímulos, en la codificación de un episodio como secuencias de eventos y en la relación de estos episodios por sus características comunes en una red relacional. Esta red, sostiene la capacidad inferencial de memoria. Los detalles de las representaciones, probablemente, estén ampliamente distribuidas en distintas áreas de la corteza cerebral. Por lo que las propiedades de la memoria declarativa sean el resultado de la acción combinada de la formación hipocampal y la corteza.

La activación repetida de esta red cortico-hipocampal durante la repetición, el reconocimiento y la codificación de nuevos episodios, podría proveer las bases para la organización y consolidación de las memorias en la corteza cerebral (Buzsaki, 1996; Eichenbaum, 2000).

DESARROLLO DE LA MEMORIA

En contraste con las teorías cognitivas tradicionales que focalizan su estudio en funciones y módulos cognitivos específicos (Temple, 1997), las teorías cognitivas del desarrollo plantean una visión más global y generalizada de la progresión de habilidades cognitivas durante la infancia (Flavell, 1992). El desarrollo de modalidades cognitivas individuales desde esta postura no es un proceso independiente, sino que ocurre en cooperación con la maduración de otros sistemas.

La memoria es un buen ejemplo de ello, puesto que la capacidad para almacenar y retener información aumenta progresivamente durante la infancia (Anderson & Lajoie, 1996; Goswami, 1998). Este aumento progresivo esta estrechamente

relacionado con el desarrollo de una capacidad de procesamiento de información más eficaz y con la habilidad de aplicar estrategias para el recuerdo, siendo el funcionamiento jerárquico e interactivo entre las distintas funciones cognitivas, consistente con el proceso de maduración neuronal.

Distintas estructuras han sido propuestas como responsables del proceso de memoria, existe evidencia que sugiere que la maduración de estas estructuras, incluyendo la mielinización de las fibras nerviosas se daría de forma paralela al desarrollo de esta función.

En el nivel del procesamiento, los niños más pequeños transmitirían información de forma más lenta debido a la ineficacia y mielinización incompleta de los tractos nerviosos (Case, 1992; R. Thatcher, 1991; R. W. Thatcher, 1992), además, el desarrollo incompleto del lóbulo frontal, limitaría la capacidad de organización de la información así como la utilización de estrategias para optimizar la capacidad de procesamiento.

En el nivel de las estructuras de memoria, el ganglio basal y el tronco encefálico maduran tempranamente y están relacionados con el desarrollo de la memoria procedimental y el condicionamiento, habilidades que se adquieren precozmente en la infancia (Barkovich, Kjos, Jackson & Norman, 1988; Kandel & Schwartz, 1991)

El lóbulo temporal y, en particular, el hipocampo está implicado en la codificación y almacenamiento de la información así como en otros aspectos de la memoria declarativa. Consistente con una maduración más tardía de estas regiones (Eckenhoff & Rakic, 1991) estas habilidades demoran más en desarrollarse (Anderson, Northam, Hendy, & Wrennall, 2001).

Por ejemplo, la memoria de reconocimiento es una habilidad que se desarrolla tempranamente en la infancia, alcanzando una capacidad similar a la del adulto alrededor de los 4 años de edad (Brown & Scott, 1971; Siegler, 1991)

La memoria a corto plazo aumenta con la edad, mientras que el preescolar logra retener tres o cuatro 'chunks' (unidades de información), a la edad de 9 años. Esa capacidad aumenta a seis, llegando en la pubertad a los nueve ítems (Luciana & Nelson, 1998).

Las capacidades de recuerdo y repetición muestran un aumento gradual durante la infancia con diferente patrón de recuerdo que el observado en adultos. Algunos investigadores atribuyen éste crecimiento al aumento de la capacidad de almacenamiento (Pascual-Leone, 1970), a mayor rapidez de procesamiento de la información (Howard & Polich, 1985), mayor resistencia a la interferencia (Diamond, 1995) y a la habilidad de recuperar selectivamente información en respuesta a la demanda del ambiente (Ruff & Rothbart, 1996).

Otros autores proponen que la mejora depende del desarrollo de estrategias de memoria, las cuales son más frecuente y eficientemente utilizadas por los niños mayores (Bjorklund, 1989), la actuación eficiente de la memoria, no dependería solo y únicamente del desarrollo de los distintos sistemas, sino también de la capacidad de implementar estrategias para recordar, tales como: la repetición y organización, así como del conocimiento sobre la manera en que la memoria trabaja y cómo utilizarla de manera más efectiva (metamemoria).

La utilización de estrategias mnemotécnicas aparece tempranamente en la infancia, un estudio realizado con niños de 3 años a los cuales se les pedía que recordaran donde estaba escondido un juguete demostró que espontáneamente realizaban acciones destinadas a ayudarles a recordar, tales como: señalar donde se había escondido el objeto, mirar y afirmar con la cabeza el lugar correcto y negar cuando miraban los otros, etc. Por tanto, el recuerdo fue mas exitoso en aquellos niños que utilizaron algún tipo de estrategias que en aquellos que no (Wellman, Ritter & Flavell, 1975).

Otro estudio con niños de dos años demostró que la utilización de estrategias para recordar estaba relacionada con las demandas de la tarea. Así, una tarea considerada como más sencilla no promovía la utilización de estrategias tanto como la que implicaba mayor dificultad (DeLoache, Cassidy & Brown, 1985).

El grado de motivación para realizar correctamente la misma también estaba relacionado con la utilización de estrategias, los niños las utilizaban con mayor frecuencia en aquellas tareas en las que el elemento o episodio a recordar les resultaba más motivador (ej, recordar que le darán un caramelo en un tiempo futuro específico, vrs recordar que hay que sacar la ropa de la lavadora en ese mismo tiempo futuro (Somerville, Wellman & Cultice, 1983).

Flavell investigó la utilización de la repetición como estrategia de memoria. Este investigador presentaba a niños de 5, 7 y 10 años un grupo de imágenes, luego les colocaba un casco que cubría los ojos pero permitía ver los labios durante el tiempo de espera, durante ese período un lector de labios entrenado medía la utilización espontánea de esta técnica. Se observó que solo el 10% de niños de 5 años utilizaba espontáneamente esta estrategia, el 60% de los niños de 7 y el 85% de los niños de 10 años. Los niños de 7 años que utilizaron la repetición fueron más exitosos en el recuerdo que aquellos que no lo utilizaron, los niños pequeños no la utilizaron porque es menos probable que transformen la información visual a un código verbal (Flavell, Beach & Chinsky, 1966).

Un estudio de Schneider (Schneider, 1986) aportó evidencia sobre la utilización de estrategias de organización semántica. El autor pidió a niños de 7 y 10 años que memorizaran un grupo de 24 imágenes, sólo el 10% de los niños de 7 años agrupaban espontáneamente los ítems a recordar por categorías semánticas,

mientras que casi el 60% de los niños de 10 años lo hacía. Los niños pequeños eran menos tendientes a agrupar elementos con baja posibilidad de asociación que los niños mayores. Resultados similares fueron reportados por Bjorklund, el cual trabajó con niños de 6,8 y 10 años (Bjorklund & Bjorklund, 1985).

En cuanto al conocimiento que los niños tienen sobre la memoria y su modo de funcionamiento (metamemoria), sabemos que a medida que los niños entienden más sobre la manera en que la memoria opera son capaces de seleccionar la estrategia mas adecuada según las exigencias de la tarea.

Wellman (Wellman, 1978) comparó el desempeño de tareas de metamemoria en niños de 5 y 10 años y reportó que los niños de 5 años eran tan buenos como los mayores al juzgar la dificultad de una tarea de memoria cuando sólo debían tomar en cuenta una variable, por ejemplo la cantidad de elementos que uno debe memorizar, pero eran significativamente peores cuando la tarea incluía valorar la interacción entre variables (ej. cantidad de elementos y tiempo).

Otro estudio solicitó a niños de 7, 9 y 11 años que juzgaran la utilidad de distintas estrategias para recordar. Estas eran: repetición, categorización semántica, denominación y observación. Mientras que los niños de 7 años no realizaron distinción alguna entre la estrategia de repetición y la de categorización, los niños de 9 y 11 años consideraron más efectiva la estrategia de categorización, demostrando que ya existe cierto conocimiento metacognitivo sobre la efectividad del uso de la categorización alrededor de los 9 años de edad (Justice, 1985).

OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Hemos visto que las estructuras mediales temporales principalmente, el hipocampo, cumplen una labor fundamental para el desarrollo de la memoria asociativa. Estas estructuras tienen un desarrollo más tardío que las estructuras que sostienen la memoria procedimental y el condicionamiento.

El presente trabajo se centró en la valoración conductual de la memoria asociativa en distintos momentos evolutivos. Los objetivos planteados fueron los siguientes:

1. Valorar el efecto de la condición "aprendizaje asociado" vs. "aprendizaje simple" en la ejecución de la tarea
2. Valorar el efecto de la carga de memoria
3. Observar las diferencias de ejecución según la edad
4. Probar de manera ecológica la tarea diseñada, comprensión de las consignas, facilidad de respuesta, número de items a recordar, etc.

MATERIALES Y MÉTODOS

La muestra estuvo formada por 30 niños diestros con edades comprendidas entre 6-7 años y 11-12 años. Los padres fueron informados sobre las características del estudio y consintieron, expresamente, que sus hijos participaran del mismo.

Los criterios de exclusión fueron los siguientes: retraso mental, epilepsia, trastorno generalizado del desarrollo y adopción.

La sesión de evaluación se programó mediante el generador de experimentos Superlab-Pro ("Superlab Pro.1.74," 1990). El experimento consistió en dos tareas de memoria. Una tarea de pares asociados (TPA), y una tarea de ítems simples (TIS).

En la primer tarea, TPA, se presentan en la pantalla parejas de imágenes que el niño debe aprenderse, tras un tiempo de espera de 10 segundos, aparecerán nuevamente en la pantalla parejas de imágenes y el niño deberá decidir si el par es nuevo o viejo, contestando con el botón rojo del ratón si es nuevo y, con el verde si es viejo.

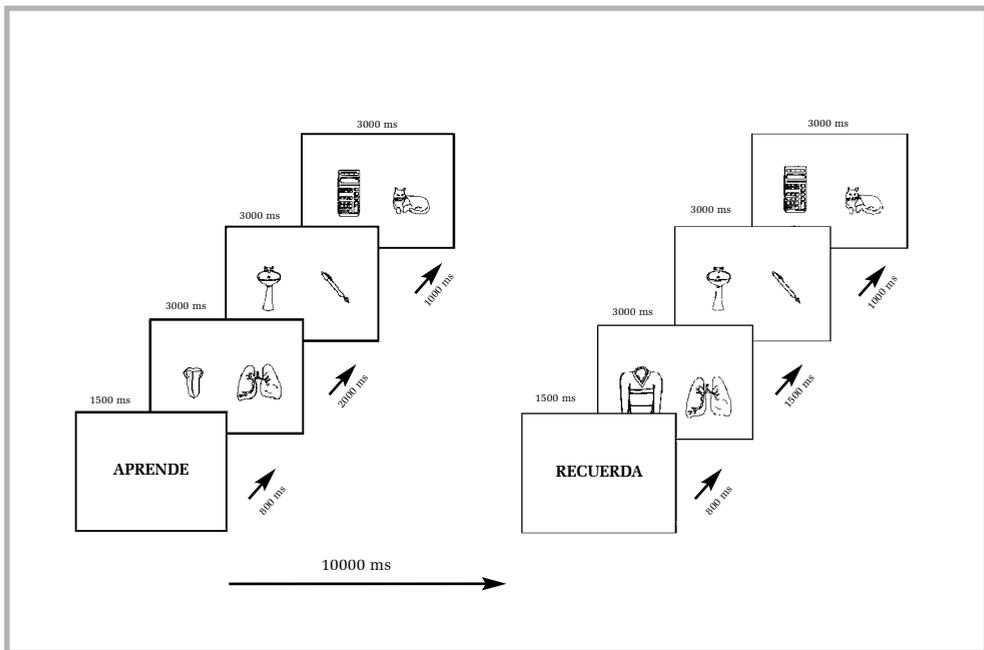


Figura 2. Tarea de aprendizaje de pares asociados

En la tarea de aprendizaje de ítems simples, MSI, el niño deberá aprender imágenes que se presentan individualmente en la pantalla y reconocerlas pasados 10 segundos de espera, decidiendo si la imagen es nueva (botón rojo) o vieja (botón verde).

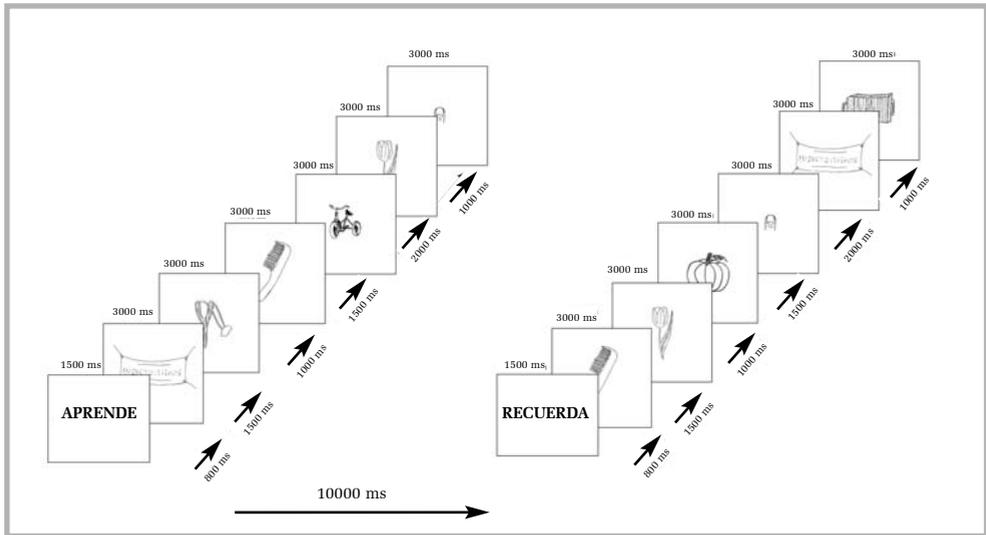


Figura 3. Tarea de aprendizaje de ítems simples

El orden en que se realizaban ambas tareas fue sistemáticamente variado, si un sujeto realizaba primero TPA y luego TSI el siguiente trabajaba en orden inverso.

MATERIALES

Las imágenes fueron seleccionadas entre 290 dibujos de la batería Pérez-Navalón (Pérez & Navalón, 2003).

Para formar pares que no estuvieran previamente asociados se entregó a un grupo de 20 sujetos la mitad de las imágenes (A) y a otro grupo de 20 sujetos la otra mitad (B), ambos grupos tuvieron que asociar la imagen con tres sustantivos concretos. Los pares fueron formados aleatoriamente, controlando que la imagen (A) no haya estado asociada en ninguna respuesta con la imagen (B) y viceversa.

Una vez formados pares tentativos los mismos fueron entregados a 40 niños de 9 y 10 años para que evaluaran si las imágenes presentadas en el par estaban relacionadas. La evaluación se realizó según los siguientes valores: nada (1), poco (2), bastante (3) y mucho (4). Los pares que fueron calificados por encima de 3, fueron descartados para la tarea.

Las imágenes fueron contrabalanceadas, si para un niño formaban parte de la tarea de pares asociados, para el siguiente formaban parte de los ítems simples.

RESULTADOS

Para el análisis de los datos se utilizó el paquete estadístico SPSS.

El diseño experimental es una ANOVA de medidas repetidas 2x2x2 con dos factores intrasujeto: condición (asociado-simple) y carga de memoria (alta-baja) y, un factor intersujeto: edad (11-12 y 6-7). Las medidas analizadas fueron el porcentaje de aciertos y, el tiempo de reacción (TR). La estadística se realizó sobre 29 sujetos (14 niños pequeños, y 15 niños grandes) puesto que al observar los datos de un sujeto del grupo de niños pequeños se notó que la ejecución era realizada al azar.

Considerando el tiempo de reacción, los resultados muestran un efecto significativo de la condición [$F=39,081$; $P=.000$] y de la interacción condición-edad [$F=4,451$; $P=.044$]. Todos los niños realizan la tarea de ítems simples (TIS) significativamente más rápido que la tarea de pares asociados (TPA), pero la diferencia entre los tiempos de reacción para la condición 1 (TIS) y la condición 2 (TPA) es significativamente mayor en el grupo de niños pequeños (6-7 años) que en el grupo de niños grandes (fig. 4).

En el porcentaje de aciertos se observa sólo un efecto significativo de la condición [$F=11,548$; $P=.002$], a favor de la tarea de ítems simples (TIS) (fig. 5).

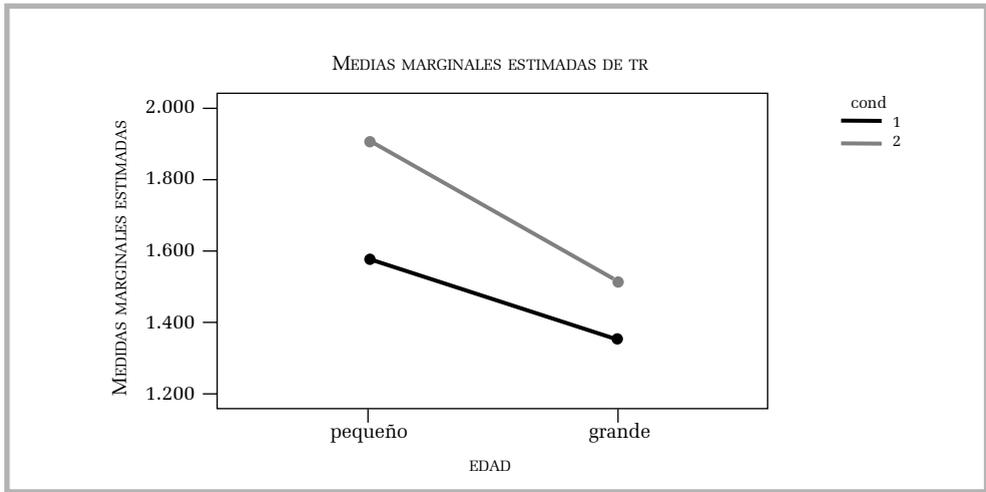


Figura 4. Gráfico del tiempo de reacción para cada condición (1 = TIS; 2= TPA) y grupo edad (pequeño = 6-7 años; grande = 11-12 años)

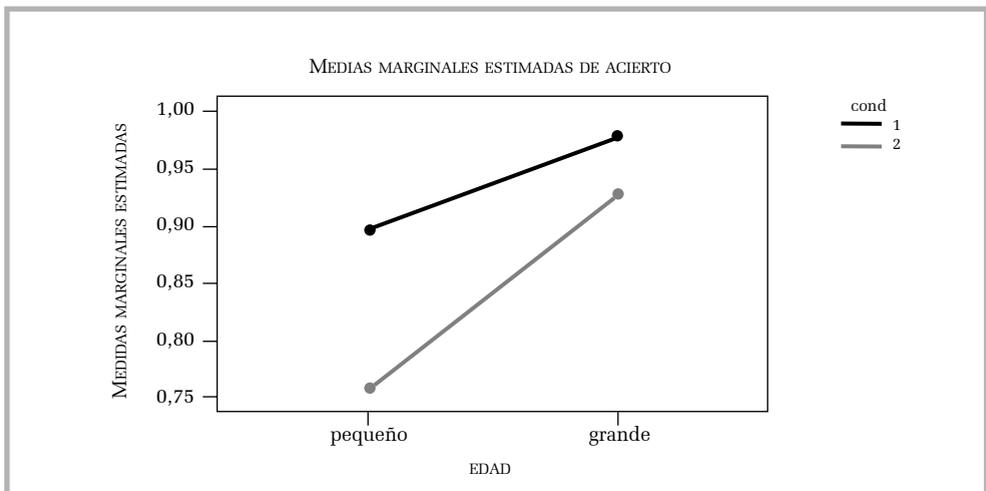


Figura 5. Gráfico del porcentaje de aciertos para cada condición (1 = TIS; 2= TPA) y grupo edad (pequeño = 6-7 años; grande = 11-12 años)

DISCUSIÓN

Los resultados aportados por este trabajo muestran diferencias significativas en la ejecución de las dos tareas propuestas.

Observamos que en los niños pequeños la tarea de aprendizaje de ítems simples se realiza significativamente mejor y más rápido que la tarea de aprendizaje de pares asociados. Esto puede deberse a que los niños pequeños no memorizan los pares en forma asociada sino que lo hacen como ítems individuales, lo que implicaría que el número de ítems a recordar se duplica de una tarea a otra.

Los niños mayores realizan mejor y más rápido ambas tareas, pero muestran una disminución del tiempo de reacción en la tarea de pares asociados. En los gráficos se observa una tendencia a ejecutar con mayor acierto y rapidez la tarea de aprendizaje asociativo, lo cual concuerda con el hecho de que las estructuras que sostienen el aprendizaje asociativo maduran más tardíamente (Eckenhoff & Rakic, 1991).

La memoria de reconocimiento, la cual sería necesaria para ejecutar correctamente la tarea 1 (TIS) en cambio ya se encuentra desarrollada a la edad de 6 y 7 años (Brown & Scott, 1971; Siegler, 1991), mientras que la utilización de una tarea asociativa o de categorización necesaria para la tarea 2 (TPA) se empieza a utilizar alrededor de los 9-10 años de edad (Schneider, 1986).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agster, K. L., Fortin, N. J., & Eichenbaum, H. (2002). The hippocampus and disambiguation of overlapping sequences. *J Neurosci*, 22(13), 5760-5768.
- Amaral, D., & Witter, M. (1995). Hippocampal formation. In G. Paxinos (Ed.), *The rats nervous system* (Second edition ed., pp. 443-493). San Diego: Academic Press.
- Anderson, V. A., & Lajoie, G. (1996). Development of memory and learning skills in school-aged children: a neuropsychological perspective. *Appl Neuropsychol*, 3(3-4), 128-139.
- Anderson, V. A., Northam, E., Hendy, J., & Wrennall, J. (2001). *Developmental Neuropsychology. A clinical approach*. Hove: Psychology Press.
- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1971). The control of short-term memory. *Sci Am*, 225(2), 82-90.

- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends Cogn Sci*, 4(11), 417-423.
- Baddeley, A., & Hitch, G. (1974). Working memory. In & G. Bower (Eds.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 8). NY: Academic Press.
- Barkovich, A., Kjos, B., Jackson, D., & Norman, D. (1988). Neural maturation of the neonatal and infant brain: MR imaging at 1.5 T. *Neuroradiology*, 166, 173-180.
- Bjorklund, D. (1989). *Children's thinking: Developmental function and individual differences*. Pacific Grove, CA: Brooks/Cole.
- Bjorklund, D., & Bjorklund, B. (1985). Organisation vs. item effects of an elaborated knowledge base on children's memory. *Developmental Psychology*, 21, 1120-1131.
- Bliss, T. V., & Collingridge, G. L. (1993). A synaptic model of memory: long-term potentiation in the hippocampus. *Nature*, 361(6407), 31-39.
- Brown, A. L., & Scott, M. S. (1971). Recognition memory for pictures in preschool children. *J Exp Child Psychol*, 11(3), 401-412.
- Buzsaki, G. (1996). The hippocampo-neocortical dialogue. *Cereb Cortex*, 6(2), 81-92.
- Case, R. (1992). *The mind's staircase: Exploring the conceptual underpinnings of children's thought and knowledge*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Cohen, N. J. (1984). Preserved learning capacity in amnesia: Evidence for multiple memory systems. In N. Butters & L. R. Squire (Eds.), *The neuropsychology of memory* (pp. 83-103). New York: Guildford Press.
- Davachi, L., & Wagner, A. D. (2002). Hippocampal contributions to episodic encoding: insights from relational and item-based learning. *J Neurophysiol*, 88(2), 982-990.
- DeLoache, J., Cassidy, D., & Brown, A. L. (1985). Precursors of mnemonic strategies in very young children's memory. *Child Development*, 56, 125-137.
- Diamond, A. (1995). Evidence of robust recognition memory early in life even assessed by reaching behaviour. *J Exp Child Psychol*, 49, 419-474.
- Eckenhoff, M. F., & Rakic, P. (1991). A quantitative analysis of synaptogenesis in the molecular layer of the dentate gyrus in the rhesus monkey. *Brain Res Dev Brain Res*, 64(1-2), 129-135.

- Eichenbaum, H. (2000). A cortical-hippocampal system for declarative memory. *Nat Rev Neurosci*, 1(1), 41-50.
- Eichenbaum, H. (2004). Hippocampus: cognitive processes and neural representations that underlie declarative memory. *Neuron*, 44(1), 109-120.
- Flavell, J. (1992). Cognitive development: Past, present and future. *Developmental Psychology*, 28, 998-1005.
- Flavell, J. H., Beach, D. R., & Chinsky, J. M. (1966). Spontaneous verbal rehearsal in a memory task as a function of age. *Child Dev*, 37(2), 283-299.
- Giovanello, K. S., Schnyer, D. M., & Verfaellie, M. (2004). A critical role for the anterior hippocampus in relational memory: evidence from an fMRI study comparing associative and item recognition. *Hippocampus*, 14(1), 5-8.
- Giovanello, K. S., Verfaellie, M., & Keane, M. M. (2003). Disproportionate deficit in associative recognition relative to item recognition in global amnesia. *Cogn Affect Behav Neurosci*, 3(3), 186-194.
- Goswami, U. (1998). *Cognition in children*. Hove, UK: Psychology Press.
- Hebb, D. O. (1949). *The organization of behavior; a neuropsychological theory*. NY: Wiley-Interscience.
- Henke, K., Buck, A., Weber, B., & Wieser, H. G. (1997). Human hippocampus establishes associations in memory. *Hippocampus*, 7(3), 249-256.
- Henke, K., Weber, B., Kneifel, S., Wieser, H. G., & Buck, A. (1999). Human hippocampus associates information in memory. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 96(10), 5884-5889.
- Howard, L., & Polich, J. (1985). P300 latency and memory span development. *Developmental Psychology*, 21, 283-289.
- Justice, E. (1985). Categorisation as a preferred memory strategy: Developmental changes during elementary school. *Developmental Psychology*, 6, 1105-1110.
- Kandel, E., & Schwartz, T. (1991). *Principles of neural science*. NY: Elsevier.
- Kirwan, C. B., & Stark, C. E. (2004). Medial temporal lobe activation during encoding and retrieval of novel face-name pairs. *Hippocampus*, 14(7), 919-930.
- Levy, W. B. (1989). A computational approach to hippocampal function. In R. Hawkins & G. Bower (Eds.), *Computational models of learning in simple systems* (pp. 243-305). NY: Academic Press.

- Levy, W. B. (1996). A sequence predicting CA3 is a flexible associator that learns and uses context to solve hippocampal-like tasks. *Hippocampus*, 6(6), 579-590.
- Luciana, M., & Nelson, C. A. (1998). The functional emergence of prefrontally-guided working memory systems in four- to eight-year-old children. *Neuropsychologia*, 36(3), 273-293.
- Martin, S. J., Grimwood, P. D., & Morris, R. G. (2000). Synaptic plasticity and memory: an evaluation of the hypothesis. *Annu Rev Neurosci*, 23, 649-711.
- Murray, E. A., & Bussey, T. J. (2001). Consolidation and the medial temporal lobe revisited: methodological considerations. *Hippocampus*, 11(1), 1-7.
- Pascual-Leone, J. (1970). A mathematical model for transition in Piaget's developmental stages. *Acta Psychologica*, 32, 301-345.
- Pérez, M., & Navalón, C. (2003). Normas españolas de 290 nuevos dibujos: Acuerdo en la denominación, concordancia de la imagen, familiaridad, complejidad visual y variabilidad de la imagen. *Psicológica*, 24, 215-241.
- Ruff, H., & Rothbart, M. (1996). *Attention in early development: themes and variations*. NY: Oxford University Press.
- Ruiz-Vargas, J. M. (1991). *Psicología de la memoria*. Madrid: Alianza.
- Schacter, D. L., & Tulving, E. (1994). *Memory systems*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Schneider, W. (1986). The role of conceptual knowledge and metamemory in the development of organisational processes in memory. *J Exp Child Psychol*, 42, 218-236.
- Scoville, W. B., & Milner, B. (1957). Loss of recent memory after bilateral hippocampal lesions. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 20(1), 11-21.
- Sherry, D., & Schacter, D. (1987). The evolution of multiple memory systems. *Psychol Rev*, 94(439-454).
- Siegler, R. (1991). *Children's thinking*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Sohal, V. S., & Hasselmo, M. E. (1998). Changes in GABAB modulation during a theta cycle may be analogous to the fall of temperature during annealing. *Neural Comput*, 10(4), 869-882.
- Somerville, S., Wellman, H., & Cultice, J. (1983). Young children's deliberate reminding. *Journal of Genetic Psychology*, 143, 87-96.

- Squire, L. R. (1992). Memory and the hippocampus: a synthesis from findings with rats, monkeys, and humans. *Psychol Rev*, 99(2), 195-231.
- Squire, L. R., & Zola-Morgan, S. (1991). The medial temporal lobe memory system. *Science*, 253(5026), 1380-1386.
- Superlab Pro.1.74. (1990). Phoenix, Arizona: Cedrus Corporation.
- Temple, C. (1997). *Developmental Cognitive Neuropsychology*. Hove, UK: Psychology Press.
- Thatcher, R. (1991). Maturation of the human frontal lobes: Psychological evidence of staging. *Developmental Psychology*, 7, 397-419.
- Thatcher, R. W. (1992). Cyclic cortical reorganization during early childhood. *Brain Cogn*, 20(1), 24-50.
- Tulving, E. (1985). How many memory systems are there? *American Psychologist*, 40, 385-398.
- Tulving, E. (2002). Episodic memory: from mind to brain. *Annu Rev Psychol*, 53, 1-25.
- Tulving, E., & Markowitsch, H. J. (1998). Episodic and declarative memory: role of the hippocampus. *Hippocampus*, 8(3), 198-204.
- Tulving, E., & Schacter, D. L. (1990). Priming and human memory systems. *Science*, 247(4940), 301-306.
- Wellman, H. (1978). Knowledge of the interaction of memory variables: A developmental study of metamemory. *Developmental Psychology*, 5, 24-29.
- Wellman, H., Ritter, K., & Flavell, J. (1975). Deliberate memory development in the delayed reactions of very young children. *Developmental Psychology*, 11, 780-787.
- Zola-Morgan, S., Squire, L. R., & Ramus, S. J. (1994). Severity of memory impairment in monkeys as a function of locus and extent of damage within the medial temporal lobe memory system. *Hippocampus*, 4(4), 483-495.
- Zola-Morgan, S. M., & Squire, L. R. (1990). The primate hippocampal formation: evidence for a time-limited role in memory storage. *Science*, 250(4978), 288-290.

