

01985



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**



**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y
DOCTORADO EN PSICOLOGÍA**

**DESARROLLO DE LOS PROCESOS DE
ATENCIÓN Y MEMORIA:
UN ESTUDIO TRANSVERSAL DE LOS 6 A LOS
75 AÑOS**

**T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTORA EN PSICOLOGÍA
P R E S E N T A:
MARÍA ESTHER GÓMEZ PÉREZ**

**DIRECTORA: DRA. FEGGY OSTROSKY-SOLÍS
COMITÉ: DR. GERMÁN PALAFOX PALAFOX
DR. OSCAR PROSPERO GARCÍA
DR. JAVIER AGUILAR VILLALOBOS
DRA. MARTHA ESCOBAR RODRÍGUEZ
DRA. LAURA HERNÁNDEZ GUZMÁN
DR. FEDERICO BERMÚDEZ RATTONI**



MÉXICO, D. F.

2005

m344697



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis padres por su apoyo incondicional en todo momento y por haberme dado cimientos sólidos para luchar por lo que anhelo.

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Feggy Ostrosky-Solís por el apoyo, el tiempo, la disposición y las enseñanzas que me ha dado a lo largo de mi estancia en el laboratorio de Psicofisiología y Neuropsicología.

A los miembros de mi comité tutorial el Dr. Oscar Prospero, el Dr. Germán Palafox, el Dr. Javier Aguilar, la Dra. Martha Escobar, la Dra. Laura Hernández y el Dr. Federico Bermúdez por sus valiosos comentarios y aportaciones para la realización de este trabajo.

A mis compañeros del laboratorio por su amistad y colaboración en diferentes aspectos de este trabajo: Alicia Vélez, Azucena Lozano, Elizabeth Aveleyra, Gabriela Castillo, Julio Flores, Maura Ramírez y Víctor Mendoza.

ÍNDICE

Resumen	1
Abstract	2
Introducción	3
I. El proceso de atención	
Definición de atención	6
Tipos de atención	7
Sustrato neuroanatómico de la atención	11
Desarrollo de la atención	17
Correlación entre el desarrollo de la atención y de la actividad cerebral	23
II. El proceso de memoria	
Definición de memoria	29
Tipos de memoria	29
Sustrato neuroanatómico de la memoria	36
Desarrollo de la memoria	43
Correlación entre el desarrollo de la memoria y de la actividad cerebral	54
III. Método	
Justificación	57
Objetivos	60
Hipótesis de investigación	61
Preguntas de investigación	62
Definición de variables	63
Sujetos	63
Material	64
Procedimiento	66
Análisis estadístico	66
IV. Resultados	67
V. Discusión	101
VI. Referencias	123

DESARROLLO DE LOS PROCESOS DE ATENCIÓN Y MEMORIA: UN ESTUDIO TRANSVERSAL DE LOS 6 A LOS 75 AÑOS

INTRODUCCIÓN

La psicología del desarrollo involucra el estudio tanto de la constancia como del cambio en la conducta, a lo largo del curso de la vida, desde la concepción hasta la muerte. La meta de esta disciplina es obtener información acerca de los principios generales del desarrollo, acerca de las diferencias y semejanzas interindividuales y acerca del grado y las condiciones en las que, tanto las estructuras como las funciones de los organismos, pueden modificarse a lo largo de la existencia. Estos cambios que con el tiempo ocurren en la estructura, en la cognición y en el comportamiento de una persona, son el resultado de la interacción entre factores ambientales y biológicos (Craig, 1988; Lerner, 1984).

Los estudios del desarrollo nos permiten entender a las personas como organismos dinámicos en un proceso continuo de cambio. Su meta es descubrir qué procesos se mantienen constantes y cuáles se modifican a lo largo de la existencia, así como explicar y predecir el comportamiento con base en la edad de los sujetos estudiados.

Una motivación adicional para estudiar el desarrollo es probar la validez de teorías de procesos cognoscitivos, generadas con adultos. Los estudios del desarrollo lo hacen de la misma manera que los estudios neuropsicológicos, transculturales y comparativos entre especies (Enns, 1993). Primero, se observan diferencias importantes entre los grupos participantes. Segundo, se establece un mapa entre los constructos teóricos y estas diferencias entre los grupos. Finalmente, se recopilan datos para determinar si la ejecución en tareas relevantes a la teoría está relacionada sistemáticamente con las diferencias entre grupos. Así, el saber, por ejemplo, que la memoria de los sujetos aumenta durante la niñez nos permite

evaluar el efecto de diferentes capacidades de memoria, en la realización de alguna tarea.

Además, los estudios del desarrollo pueden aportar información indirecta acerca del funcionamiento del Sistema Nervioso Central (SNC) en diferentes etapas de la vida. Desde el uso del método clínico-anatómico, hasta el desarrollo de las técnicas de neuroimagen; la ciencia ha intentado obtener conocimiento sobre la manera en la que nuestra percepción, cognición y acción están mediadas por la función cerebral. El análisis de la correlación entre la ejecución cognoscitiva y el funcionamiento cerebral provee un marco de referencia para investigar las redes neuronales que median la conducta.

Desde una perspectiva clínica, los problemas de atención y memoria se encuentran dentro de los trastornos cognoscitivos más frecuentes después de una alteración del SNC, en niños, adultos y ancianos (Larrabee & Crook, 1996; Lezak, 1995; Ruff, Light & Quayhagen, 1989; Squire & Shimamura, 1996). Para manejar adecuadamente a estas poblaciones, y realizar un diagnóstico diferencial es necesario contar con datos confiables sobre la ontogenia de las funciones cognoscitivas en condiciones normales. Así mismo, los métodos educativos dependen del conocimiento de las capacidades de las personas en diferentes etapas de su vida, y, por lo tanto, del estado de maduración del SNC. La evaluación de las habilidades cognoscitivas en condiciones normales provee un método crucial para comprender las dificultades en el aprendizaje de personas que sufren de algún tipo de alteración cognoscitiva, y para planear métodos efectivos de rehabilitación basados en el conocimiento de los mecanismos neuronales que subyacen a la recuperación de funciones.

El objetivo general de este trabajo fue analizar, mediante un estudio transversal, la constancia y el cambio, asociados a la edad, en respuesta a una batería para evaluar atención y memoria.

El capítulo I está relacionado con el proceso de la atención. En él se define qué es lo que entendemos por atención, se presenta una revisión de los subtipos de atención descritos en la literatura, así como el correlato biológico de los mismos, se presentan estudios que ilustran el conocimiento adquirido, respecto a la forma en la que este proceso se desarrolla e investigaciones que mediante técnicas de neuroimagen han correlacionado el desarrollo de este proceso con la actividad cerebral. El capítulo II está relacionado con el proceso de memoria, y en él se describen los mismos aspectos, que en el capítulo I, se presentaron para la atención. El capítulo III está relacionado con el método de la investigación realizada. En él se señalan las limitaciones que han tenido los estudios sobre el desarrollo de la atención y la memoria, lo cual da pie al planteamiento de objetivos, hipótesis, preguntas de investigación y, en general, a la metodología empleada en la presente investigación. El capítulo IV muestra los resultados obtenidos en este trabajo. Por último, en el capítulo V se presenta una discusión de los resultados obtenidos.

I. EL PROCESO DE ATENCIÓN

Definición de la atención

La atención es un proceso que no tiene una definición estándar y universalmente aceptada. A pesar de las dificultades para lograr un consenso para definir qué es la atención, la mayoría de los psicólogos concuerdan en que las personas tenemos limitaciones en la cantidad de información que podemos procesar, lo cual nos impide realizar, por ejemplo, 10 tareas simultáneamente. Esta limitación implica que, para funcionar adecuadamente, debemos tener una forma de filtrar o seleccionar información. Este proceso selectivo que ocurre en respuesta a la capacidad de procesamiento limitada es conocido como atención (Banich, 1997).

El proceso de atención facilita la ejecución cognoscitiva y conductual de diferentes maneras. La atención sirve para reducir la cantidad de información que recibirá procesamiento adicional en el cerebro. En otras ocasiones, la atención permite que cierta cantidad de información reciba un procesamiento adicional. Los organismos estamos constantemente bombardeados por un número infinito de señales externas e internas. La atención ajusta esta entrada de información con respecto a la capacidad disponible del individuo, facilitando la selección de la información relevante y la asignación del procesamiento cognoscitivo apropiado para esa información. Por lo tanto, la atención actúa como una compuerta para el flujo de información que llega al cerebro (Cohen, Sparling-Cohen y O'Donnell, 1993; Posner y Dehaene, 1994). Dado que la atención nos permite seleccionar en un ambiente complejo y cambiante los estímulos relevantes para una tarea, es un prerrequisito para el adecuado funcionamiento de procesos tales como el aprendizaje y la memoria.

Tipos de atención

En la literatura psicológica existe una controversia respecto a si la atención es un proceso único o puede ser subdividido (van Zomeren y Brouwer, 1994). El proceso de atención ha sido estudiado con la ayuda de diversas tareas y, dado que cada una de ellas impone demandas diferentes, con frecuencia al hablar de atención, ésta se ha dividido en diferentes categorías o tipos. Algunos de estos tipos son los procesos automáticos, la atención sostenida, la atención selectiva, la atención dividida y el control atencional.

Procesos o conductas automáticas. Con frecuencia la demanda atencional en muchas tareas, aún en tareas complejas como leer o conducir, disminuye con la práctica. Ciertos juicios, como la percepción de la profundidad o la detección de movimiento, parecen ejecutarse con poca o ninguna atención, mientras que otras son muy sensibles a la asignación de la atención. Las conductas que requieren poca atención son conocidas como procesos o conductas automáticas. Los procesos automáticos son conductas que ocurren sin intención, involuntariamente, sin una percepción consciente y sin producir interferencia con actividades que se estén realizando. La automaticidad puede producirse por un entrenamiento extendido, resultando en una aceleración sustancial del procesamiento paralelo, así como menos esfuerzo y menos control. El procesamiento automático puede también ocurrir en el procesamiento sensorial básico, dando lugar a un análisis temprano que es muy rápido, pero también es inflexible, paralelo e inconsciente. El procesamiento automático puede ocurrir para características simples, como color, o para juicios complejos, como codificación de palabras (Posner y Snyder, 1975; Schneider, Pimm-Smith y Worden, 1994).

Posner y Snyder (1975) utilizaron investigaciones sobre el efecto Stroop para señalar las características de las conductas automáticas. En el paradigma Stroop (1935), a las personas se les pide que denominen el color en el cual están impresos nombres de colores. Se ha encontrado que cuando el nombre del color

no corresponde con el color de la tinta (verde escrito en tinta roja), es difícil evitar leer las palabras y responder únicamente al color impreso. Los estudios sobre el efecto Stroop sugieren que la denominación de color y la lectura de palabras se efectúan en paralelo, independientemente de las intenciones del sujeto, y que ocurre una interferencia en la generación de la respuesta, cuando únicamente uno de estos procesos automáticos puede nombrarse. Con este tipo de información, Posner y Snyder (1975) hicieron una distinción entre la activación automática, que no requiere intención y que permite el procesamiento paralelo con otras vías, y la atención consciente que requiere de capacidad y resulta en la inhibición de otras vías de procesamiento.

Las operaciones que no son automáticas son denominadas con una variedad de términos incluyendo controladas, atentas, y conscientes. En general, los procesos controlados, en relación con los automáticos, requieren sustancialmente más atención, esfuerzo, tiempo de procesamiento, y es más fácil inhibirlos (Schneider et al., 1994).

Atención sostenida. El término atención sostenida se refiere al hecho de que la ejecución en tareas de atención varía en función de las características temporales de la tarea. Cuando una tarea requiere una persistencia atenta durante un período relativamente largo, se dice que demanda atención sostenida. La atención sostenida se refiere a la habilidad para mantener una respuesta conductual consistente durante una actividad continua y repetitiva. La atención sostenida puede ser demandante por razones diferentes a las tareas de corta duración que requieren la detección de un estímulo entre una multitud de distractores. Algunos tipos de atención sostenida requieren niveles altos de vigilancia, pero pocas respuestas. Por ejemplo, un guardia de un edificio puede pasar una noche entera buscando intrusos, aún cuando no aparezca ninguno. La atención a estos eventos de baja frecuencia requiere procesos diferentes a las respuestas a eventos de alta frecuencia con una duración corta. El guardia se confronta con diversos factores

temporales, tales como un nivel motivacional sostenido, fatiga y aburrimiento (Cohen et al., 1993; Sohlberg y Mateer, 1989).

Mirsky, Primac, Marson, Rosvold & Stevens (1960) estudiaron este componente de la atención mediante el uso de las tareas de ejecución continua. En estas tareas se miden los tiempos de reacción ante la presentación de estímulos blanco, requiriendo el mantenimiento de la atención durante períodos largos de tiempo.

Atención selectiva. El término atención selectiva alude al proceso por el cual se le da prioridad a algunos elementos sobre otros. La atención selectiva se refiere a la habilidad para elegir los estímulos relevantes para una tarea, evitando la distracción por estímulos irrelevantes. Cuando escuchamos en el radio una canción en particular, exhibimos atención selectiva (Cohen et al., 1993; Sohlberg y Mateer, 1989).

Dentro de las tareas que se han empleado, tanto en el ámbito clínico como experimental, para medir la atención selectiva-sostenida se encuentran las de cancelación (Mesulam, 1999). En este tipo de tareas se presentan visualmente una serie de estímulos blanco dentro de un arreglo de estímulos distractores y los sujetos deben marcar los estímulos blanco dentro de un tiempo límite.

Atención dividida. La atención está siempre sujeta a una división entre una multitud de procesos y de estímulos potenciales. La atención dividida involucra la habilidad para responder simultáneamente a tareas múltiples o a demandas múltiples de una tarea. Un adolescente que hace la tarea mientras mira la televisión está haciendo uso de la atención dividida. Existe un debate en cuanto a si la atención puede dividirse entre fuentes múltiples en un momento dado. La evidencia sugiere que aunque las personas tienen cierta capacidad para dividir la atención, esta capacidad es limitada. A medida que las fuentes simultáneas de información aumentan, la ejecución se deteriora cuando los requerimientos de la tarea son demandantes. La calidad de la ejecución en tareas múltiples y

simultáneas depende de qué tan automáticas son las tareas. Por ejemplo, algunas mecanógrafas son capaces de platicar o ejecutar otras tareas mientras mecanografían un texto, debido a que han logrado automatizar el uso del teclado de escritura (Cohen et al., 1993; Sohlberg y Mateer, 1989).

En las tareas de atención dividida se requiere realizar simultáneamente más de un tipo de tarea o procesar también simultáneamente múltiples estímulos. Un ejemplo citado con frecuencia es la tarea de adición serial auditiva (Paced Auditory Serial Addition Task- PASAT (Gronwall, 1977). En esta tarea se requiere que el sujeto sume pares de dígitos presentados a una tasa predeterminada, de manera que cada dígito se sume al dígito precedente. Por ejemplo, si se leen los números "2, 8, 6, 1, 9" las respuestas correctas inmediatamente después de la presentación del dígito 8 son "10, 14, 7, 10". Dado que en cada ensayo se presentan 60 dígitos, esta tarea incorpora demandas en la atención sostenida y dividida.

Control atencional. Además de los aspectos anteriores, existen otros aspectos importantes de la atención, los cuales están estrechamente ligados con lo que se ha denominado funciones ejecutivas. Las funciones ejecutivas incluyen procesos como la capacidad de planear y organizar la conducta, la inhibición de conductas inapropiadas para la realización de una tarea y el mantenimiento de un pensamiento flexible durante la resolución de problemas. Todos estos aspectos de las funciones ejecutivas mantienen una fuerte relación con la atención y, por lo tanto, han sido también denominados como aspectos de alto orden de la atención o control atencional (Sohlberg y Mateer, 1989).

Un ejemplo de tarea que se ha utilizado para evaluar el control atencional es la prueba de Stroop (1935). En ella se presentan ensayos donde en color de la tinta y el nombre del color no corresponden (la palabra azul escrita en tinta roja), la tarea automática favorecería la lectura de la palabra, mientras que el proceso controlado, no automático, sería denominar el color de la tinta.

Sustrato neuroanatómico de la atención

En la literatura se ha descrito que estos tipos de atención tienen un correlato biológico, de acuerdo con el cual diferentes redes neuronales participan en el funcionamiento de diferentes tipos de atención (Mesulam, 1990; Mirsky, Fantie y Tatman, 1995; Posner & Petersen, 1990; Posner, Petersen, Fox y Raichle, 1988).

Mirsky, Anthony, Duncan, Ahearn y Kellman (1991) y Mirsky et al. (1995) propusieron un modelo, basado en datos de estudios con animales y con humanos, para correlacionar la especialización de diferentes regiones cerebrales con el funcionamiento de la atención. En este modelo, los autores describieron cuáles son las bases biológicas para funciones atencionales tales como la capacidad de sostener la atención, de enfocar la atención y dar una respuesta selectiva y de cambiar el foco de atención.

Atención sostenida. En el nivel más básico, la habilidad para poner atención requiere que el Sistema Nervioso sea receptivo a la estimulación. Los umbrales para reaccionar a la estimulación ambiental varían de acuerdo con nuestro estado de alerta, el cual se ha definido como un estado generalizado de receptividad a la estimulación y preparación para dar una respuesta (Posner, 1975).

En su trabajo clásico, Moruzzi y Magoun (1949) demostraron que la estimulación eléctrica de la formación reticular promueve un estado de vigilia, mientras que el daño en esta región produce un estado comatoso. Estudios posteriores de registros celulares del tálamo, colículos superiores y porciones pontinas y mesencefálicas del tallo cerebral han mostrado que neuronas en estas regiones aumentan su tasa de disparo durante tareas atencionales (Ray, Mirsky y Bakay Pragay, 1982). Los estudios con pacientes humanos han indicado también que la formación reticular es parte de la red que controla los mecanismos que permiten reaccionar a los individuos (Mirsky, 1989), y su alteración se refleja en desórdenes

del sueño y de la conciencia, somnolencia, estupor o coma (Lezak, 1995). Así, el tallo cerebral, el tectum y las regiones mesopontinas de la formación reticular son esenciales para el mantenimiento de la conciencia (habilidad para responder adecuadamente a los estímulos ambientales) y para la regulación de los niveles de alerta (Banich, 1997; van Zomeren & Brouwer, 1994).

Se ha encontrado que la estimulación del núcleo reticular del tálamo puede modificar la influencia de estos efectos de la formación reticular, lo cual apoya su papel en la atención sostenida. Estudios utilizando registros unicelulares han mostrado que la estimulación de la formación reticular inhibe las respuestas del núcleo reticular del tálamo, ante la activación talámica media. Mientras que la abolición de la inhibición talámica, originada en el núcleo reticular, tiene un efecto desincronizador en la formación reticular (Yingling y Skinner, 1975).

Basándose en este tipo de evidencias, se ha señalado que regiones del tallo cerebral y del tálamo están involucradas en el mantenimiento de la vigilancia y la atención sostenida (Mirsky et al., 1991; 1995).

Atención enfocada-selectiva. Se ha sugerido que la función de enfocar la atención en eventos del medio ambiente está relacionada con la actividad eléctrica y metabólica de la corteza temporal, parietal y con el cuerpo estriado (Mirsky et al., 1991; 1995).

El papel de la corteza temporal superior, como un área de convergencia sensorial multimodal en la atención se hace evidente en estudios de pacientes lesionados. Investigaciones como la realizada por Roth, Connell, Laught y Adams (1988) han indicado que los pacientes con focos epilépticos en la región temporal tienen deficiencias atencionales. De manera similar, Hermann y Wyler (1988) han reportado una disminución del 40% en medidas de atención y concentración en pacientes con lobotomía temporal anterior.

Estudios celulares de la corteza parietal superior han mostrado que las neuronas localizadas en esta región responden a la presencia de un estímulo visual en el campo receptivo. Observaciones de Wurtz, Goldberg y Robinson (1982) indicaron que la fuerza de esta respuesta depende de si el animal registrado está poniendo atención al estímulo. La corteza parietal posterior tiene conexiones con áreas sensoriales, límbicas (por ejemplo, con la corteza del cíngulo), talámicas y del tallo cerebral (Mesulam, 1987). La abundancia de estas conexiones, así como los reportes de negligencia consecuente con lesiones parietales (Mesulam, 1999) hacen de la corteza parietal una estructura relacionada con la atención enfocada y selectiva.

Los ganglios basales también parecen contribuir a la selección en la percepción y en las respuestas (van Zomeren & Brouwer, 1994). Con base en las conexiones con otras estructuras cerebrales, los ganglios basales pueden dividirse en un grupo aferente y un grupo eferente. El núcleo caudado y el putamen, llamados colectivamente el cuerpo estriado, son la parte aferente o receptiva (Kandel, Schwartz y Jessell, 2000). El cuerpo estriado recibe una entrada excitadora del núcleo intralaminar del tálamo y se considera que está integrado en la vía tálamo-cortical no específica. Se ha descrito que el cuerpo estriado regula la información sensorial que hace un relevo en el tálamo, antes de llegar a la corteza, jugando un papel importante en la atención selectiva. La estimulación eléctrica del putamen en gatos modifica inmediatamente la actividad de los animales, los cuales muestran una mayor apertura de los ojos y dilatación pupilar, signos de alertamiento y de reacción de orientación. Mientras que el núcleo intralaminar tiene un efecto excitador en el cuerpo estriado, la corteza frontal tiene conexiones inhibitorias con el cuerpo estriado y es concebible que la selección de estimulación sensorial se realice por un sistema fronto-estriado integrado. Por su parte, el globo pálido parece ser la parte eferente de los ganglios basales y tiene efectos excitadores a través del tálamo ventral en las áreas premotoras. El globo pálido es esencial para la orientación motora hacia la estimulación que llega fuera de nuestro actual foco

de atención y su actividad puede suprimirse por proyecciones inhibitorias del putamen (Hassler, 1978; Kandel et al., 2000; van Zomeren & Brouwer, 1994).

Diversos tipos de evidencias apoyan el papel de los ganglios basales en el funcionamiento de la atención. Se ha encontrado evidencia clínica al señalar la presencia de heminegligencia unilateral después de lesiones en esta estructura (Damasio, Damasio y Chang Chui, 1980). Se ha reportado una reducción del volumen del globo pálido en niños con trastorno por déficit de atención (Aylward et al., 1996); así como una reducción del volumen sanguíneo en el putamen (Teicher et al., 2000). En el área experimental se ha descrito un incremento en el flujo sanguíneo de los ganglios basales con el uso de claves para dirigir la atención durante una tarea visual de detección de estímulos blanco (Koski, Paus, Hofle y Petrides, 1999).

Control atencional. De acuerdo con Mirsky et al. (1991, 1995), la capacidad de cambiar el foco de atención que, como se había mencionado antes, está incluida dentro del concepto del control atencional, está relacionada con el funcionamiento de la corteza prefrontal y del cíngulo anterior.

Se ha considerado que la corteza del cíngulo cumple diferentes papeles para el funcionamiento de la atención. El cíngulo anterior parece ser particularmente sensible a operaciones involucradas en la detección de estímulos. Estudios de flujo sanguíneo cerebral durante tareas cognoscitivas han encontrado una activación del giro del cíngulo anterior durante el procesamiento semántico de palabras y el grado de flujo sanguíneo en esta área incrementa a medida que el número de estímulos que deben detectarse es mayor (Posner & Petersen, 1990).

De acuerdo con Mesulam (1999) el papel de la corteza del cíngulo, como un componente límbico de la red de la atención, es aún poco comprendido. Su función podría ser identificar la relevancia motivacional de los eventos extrapersonales y sostener el nivel de esfuerzo necesario para la ejecución de las

tareas de la atención. Un dato que apoya esta propuesta es la presentación de heminegligencia en monos con lesiones unilaterales en la corteza del cíngulo (Watson, Heilman, Cauthen y King, 1973). Lane et al. (1998) también aportaron evidencia de la relación entre la atención, la emoción y la corteza anterior del cíngulo. Estos investigadores presentaron películas con un alto contenido emocional y películas sin contenido emocional (neutras) a un grupo de sujetos y les pidieron describir cómo se sentían en términos del nivel de percatación emocional experimentado. Al medir el flujo sanguíneo cerebral, usando Tomografía por Emisión de Positrones, encontraron diferencias en el flujo sanguíneo del cíngulo anterior entre las películas emotivas y las neutras. Estas diferencias estuvieron positivamente correlacionadas con el nivel de percatación emocional de los sujetos. Estos datos los hicieron sugerir que la percatación de las emociones que se experimentan está relacionada con la actividad del cíngulo anterior.

Además, el cíngulo anterior puede estar relacionado con la ejecución de conductas novedosas. Paus, Petrides, Evans y Meyer (1995) contrastaron la actividad cerebral durante la ejecución de tareas rutinarias, en las cuales los sujetos tuvieron un entrenamiento extensivo, y durante la ejecución de tareas novedosas, en las cuales las instrucciones de la tarea eran dadas momentos antes del registro. Encontraron que las acciones novedosas, a diferencia de las rutinarias, activaron la corteza anterior del cíngulo.

Se ha sugerido que las regiones frontales son importantes para diversas funciones atencionales entre las que se encuentran: la selección de respuestas y programas motores particulares durante tareas de memoria (Rowe, Toni, Josephs, Frackowiak y Passingham, 2000), el control voluntario de los movimientos oculares y la inhibición de los movimientos oculares controlados por los colículos superiores en pacientes con lesiones ventrolaterales y mediales (Paus et al., 1991), la detección de eventos sensoriales o semánticos (Posner et al., 1988), la percatación conciente (Banich, 1997), el reclutamiento de la atención en servicio

de una meta o plan y la representación y mantenimiento de las demandas atencionales de una tarea (Cohen, Botvinick y Carter, 2000; MacDonald, Cohen, Stenger y Carter, 2000), la habilidad de cambiar el foco de atención (Rogers, Andrews, Grasby, Brooks y Robins, 2000) y en general, el funcionamiento de las funciones ejecutivas (Stuss y Alexander, 2000).

Diversos estudios han encontrado que esta participación de regiones frontales, específicamente de la corteza prefrontal dorsolateral, se acompaña de una activación de la corteza anterior del cíngulo, durante, por ejemplo, la selección de movimiento autogenerado o voluntario (Deiber et al., 1991), la generación de palabras dentro de una categoría específica en las llamadas pruebas de fluidez verbal (Frith, Friston, Liddle y Frackowiak, 1991) o la ejecución simultánea de una tarea de memoria verbal y una secuencia motora que puede o no interferir con la primera, dependiendo de si es rutinaria (predecible) o novedosa (Fletcher, Frith, Grasby, Shallice, y Frackowiak, 1995). Una aportación adicional de este último estudio fue la disociación de la actividad de ambas estructuras. Los autores encontraron que la ejecución en la tarea de memoria estuvo asociada a activación de la corteza prefrontal dorsolateral izquierda. Sin embargo, en la ejecución simultánea de la tarea de memoria y la secuencia motora no predecible la activación de la corteza prefrontal dorsolateral izquierda se eliminó y se activó la corteza anterior del cíngulo. Otro ejemplo de la disociación entre ambas regiones fue el trabajo presentado por MacDonald et al. (2000) quienes analizaron la actividad cerebral mediante resonancia magnética funcional, durante una versión de la tarea de Stroop. Encontraron una mayor activación de la corteza prefrontal dorsolateral izquierda ante la denominación de color, en comparación con la lectura. En contraste, la corteza anterior del cíngulo estuvo más activa cuando los sujetos debían denominar el color en el que estaban escritos nombres de colores, donde el color impreso y el nombre eran incompatibles (verde escrito en tinta roja). Este tipo de estudios ha llevado a sugerir que la corteza anterior del cíngulo está involucrada en procesos evaluativos tales como monitorear la ocurrencia de errores cuando nos enfrentamos con dos respuestas incompatibles o inhibir

respuestas. Por su parte, la corteza prefrontal dorsolateral parece estar involucrada en la representación y mantenimiento de las demandas atencionales de la tarea requeridas cuando nos enfrentamos con tareas que requieren de la implementación de control.

Desarrollo de la atención

Los modelos que se han planteado para explicar los mecanismos de la atención y la memoria se han formulado con base en estudios realizados con sujetos adultos. Sin embargo, para explicar cómo es que estos procesos se desarrollan antes y después de la etapa adulta es desde luego necesario reunir en un solo estudio la participación de niños, adultos y ancianos. Desgraciadamente, las investigaciones que se han interesado por explicar el desarrollo de la atención y la memoria se han limitado a estudiar sujetos dentro de un rango de edad reducido y además han empleado tareas diferentes, lo cual sin duda dificulta las comparaciones e interpretaciones que puedan hacerse.

Aquellos estudios que, dentro de un rango de edad limitado, han estudiado el desarrollo de la atención y la memoria han mostrado, de manera general, una mejor ejecución, a lo largo de la niñez, en algunas de las pruebas que miden estos procesos y un decremento paulatino durante el envejecimiento. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, los procesos de atención y memoria han sido subdivididos y probablemente no todos los componentes se desarrollen de la misma manera, ni todos se vean afectados durante el envejecimiento normal. En la siguiente sección se describen algunas investigaciones sobre el desarrollo de la atención, agrupadas de acuerdo a las funciones evaluadas. Investigaciones sobre el desarrollo de la atención serán descritas en el siguiente capítulo.

Atención selectiva - sostenida

Como se mencionó anteriormente, la atención selectiva se refiere a la habilidad para elegir los estímulos relevantes para una tarea, evitando la distracción por estímulos irrelevantes. Una de las tareas que ha sido utilizada para estudiar la atención selectiva es presentar estímulos en una pantalla y pedir a la persona que de una respuesta ante un estímulo blanco, evitando darla ante estímulos distractores. Se ha considerado que este tipo de tareas evalúa la habilidad para seleccionar los estímulos relevantes, evitando la distracción por estímulos irrelevantes y para sostener la atención durante un período de tiempo (Lezak, 1995).

Los estudios que se han centrado en estudiar la atención selectiva de los niños y adultos jóvenes han mostrado que ésta aumenta conforme la edad de los sujetos es mayor. Por ejemplo, Enns y Akhtar (1989) presentaron en una pantalla estímulos blanco ante los cuales los sujetos debían dar una respuesta. En algunos ensayos el estímulo blanco estuvo acompañado de varios tipos de estímulos distractores. En la investigación participaron sujetos de 4, 5, 7, y 20 años de edad y se encontró que la interferencia de los estímulos no blanco, pero perceptualmente similares a estímulos blanco, disminuyó conforme la edad fue mayor, es decir, hubo un aumento en la eficiencia del filtro perceptual asociado a un aumento de la edad.

Gomes, Molholm, Christodoulou, Ritter y Cowan (2000) y Plude, Enns y Brodeur (1994) en revisiones de la literatura sobre el desarrollo de la atención sugieren también que, en general, en los niños la atención selectiva aumenta conforme incrementa la edad. Sugieren que este patrón de desarrollo está caracterizado por una facilitación de los estímulos relevantes para la tarea y una inhibición de los estímulos irrelevantes para la misma.

Uno de los problemas más serios en el estudio del desarrollo de la atención es que con frecuencia las tareas que utiliza cada investigación son diferentes. Otra de las tareas que han sido utilizadas para estudiar la atención selectiva es la tarea de cancelación. En ella se presentan en una hoja de papel una serie de estímulos, uno de los cuales es designado como estímulo blanco y el resto como estímulos distractores. La tarea del sujeto consiste en marcar, lo más rápido posible, los estímulos blanco. Utilizando este tipo de tareas, algunos estudios (Trener, Crosson, DeBoe y Leber, 1990) han encontrado que en el rango de 18 a 60 años de edad, se observa un efecto de la edad donde el grupo más joven obtiene las mejores puntuaciones y estas disminuyen paulatinamente hasta el grupo de 60 años. En un rango de edad de menos de 45 años hasta más de 70 años de edad, se ha encontrado también que una mayor edad está asociada con una disminución de la eficiencia, caracterizada por un mayor tiempo de ejecución y más errores (Lewis, Kelland y Kupke, 1990).

Los estudios anteriores podrían sugerir que tanto los niños como los ancianos comparten la característica de mostrar una ejecución más pobre que los adultos cuando se evalúa la atención selectiva. Sin embargo, dado que los estudios utilizaron diferentes tareas es difícil por el momento plantear tal aseveración.

La relevancia de las tareas utilizadas se hace evidente también en estudios que han reportado que la atención selectiva se conserva en los ancianos. En estos casos se ha observado que cuando a los adultos mayores se les da por anticipado información que les permita distinguir la información relevante de la irrelevante (por ejemplo, cuando se les especifica por anticipado el lugar donde aparecerá el estímulo blanco) parecen ser tan efectivos como los adultos jóvenes para utilizar esa información y atender selectivamente a los estímulos relevantes sin distraerse con los estímulos irrelevantes (Plude et al., 1994; Groth y Allen, 2000).

Atención selectiva – control atencional (conflicto o inhibición de respuestas)

Las pruebas de Stroop han sido muy utilizadas como un método de evaluación neuropsicológica. Existen numerosos formatos de aplicación de la prueba de Stroop, pero, en términos generales, la idea que subyace a todos ellos es que toma más tiempo denominar el color de figuras coloreadas, que leer palabras, y toma aún más tiempo denominar el color con el que están impresos nombres de colores, cuando la tinta de impresión no concuerda con el nombre del color escrito. En este último caso, el retardo en la respuesta se ha interpretado como una falla en la atención selectiva, una falla en inhibir respuestas o un conflicto de respuestas.

Al analizar el efecto Stroop en niños se ha encontrado que a lo largo de la niñez la ejecución mejora y que los niños, a medida que crecen, tienen una mayor capacidad para enfocarse en la tarea central, inhibir respuestas no adecuadas e ignorar los estímulos irrelevantes (Guttentag y Ornstein, 1990).

En el caso de los adultos diversos estudios reportan que los adultos mayores (séptima y octava décadas de la vida) tienen un deterioro en la habilidad para inhibir procesos automáticos y un aumento en la interferencia de estímulos irrelevantes para la tarea, en comparación con adultos jóvenes (segunda década de la vida) (Cohn, Dustman & Bradford, 1984; Comalli, Wapner & Werger, 1962; Daigneault, Braun y Whitaker, 1992; Panek, Rusch & Slade, 1984; Rogers y Fisk, 1991; Spieler, Balota y Faust, 1996; West, 1999). Sin embargo, Libon et al., (1994) no encontraron diferencias relacionadas a la edad en una muestra de adultos mayores.

Control atencional (flexibilidad)

Algunas de las pruebas que se han empleado para evaluar, entre otros aspectos, la flexibilidad de una persona al realizar una tarea, son las pruebas de fluidez verbal y no verbal. La fluidez verbal se mide por la cantidad de palabras producidas dentro de un tiempo límite. Cuando se pide la generación de palabras de acuerdo a una letra inicial hablamos de pruebas de fluidez verbal fonológica, mientras que cuando se pide la generación de palabras dentro de una categoría (por ejemplo animales) hablamos de pruebas de fluidez verbal semántica. Dos componentes que se observan en la ejecución de estas pruebas son las agrupaciones de acuerdo a las letras iniciales (contenido, contener, contienda, etc.) o de acuerdo a categorías semánticas (aves, insectos, mamíferos, etc.) y los cambios (la habilidad para cambiar de una agrupación a otra). Se considera que las agrupaciones dependen del almacén individual de palabras disponibles en la memoria y los cambios de procesos de búsqueda efectivos (Troyer, Moscovitch y Winocur, 1997). Una variante de las pruebas de fluidez verbal son las pruebas de fluidez no verbal, las cuales consisten en la generación de figuras o diseños no fácilmente verbalizables (Lezak, 1995; Troyer et al., 1997).

Investigaciones sobre la fluidez verbal en niños han encontrado que entre los 6 y 12 años de edad hay un aumento significativo de la fluidez de tipo fonológico (Cohen, Morgan y Vaughn, 1999; Regard, Strauss y Knapp, 1982), semántico y no verbal (Regard et al., 1982). En la fluidez semántica y fonológica se ha observado que el número de palabras reportadas durante un tiempo límite aumenta conforme la edad de los sujetos es mayor. En la fluidez no verbal se ha encontrado que el número de diseños, el número de figuras rotadas y el número de auto-correcciones también aumenta conforme la edad de los sujetos es mayor. A pesar de que esto indica que la ejecución en pruebas de fluidez se modifica durante la niñez, aún no es claro a qué edad la ejecución en estas pruebas alcanza el nivel de los adultos (Cohen et al., 1999; Regard et al., 1982), ni las similitudes o diferencias en el desarrollo de los tipos de fluidez descritos.

Parece haber un consenso relativo en el deterioro en pruebas de fluidez verbal semántica, relacionado con la edad (Kozora & Cullum, 1995; Tomer & Levin, 1993; Troyer et al., 1997). Se ha encontrado, además, que los adultos mayores generan menos palabras que los adultos jóvenes y menos cambios de una categoría a otra (Troyer et al., 1997).

En la fluidez de diseños también existen estudios que en adultos encuentran efectos significativos de la edad, donde los adultos mayores (55 a 75 años) tienen una producción más baja de diseños que los adultos jóvenes (20 a 35 años) (Mittenberg, Seidenberg, O'Leary y DiGiulio, 1989). Daigneault et al. (1992), a pesar de no encontrar efectos de la edad en el número de diseños producidos en participantes entre los 20 y 65 años de edad, reportan un incremento de las perseveraciones con una mayor edad.

En el caso de la fluidez verbal fonológica no se han encontrado resultados consistentes en las diferencias relacionadas con la edad. Algunos estudios han encontrado diferencias (Hultsch, Hertzog, Small, McDonald-Miszczak & Dixon, 1992; Salthouse, 1993); mientras que otros no las han encontrado (Davis et al., 1990; Tomer & Levin, 1993; Troyer et al., 1997). En comparación con los jóvenes, los participantes mayores parecen incluso producir agrupaciones más largas en la fluidez fonológica, reflejando posiblemente un mayor vocabulario (Troyer et al., 1997). La ejecución en pruebas de fluidez fonológica, al igual que otras pruebas de habilidad verbal, pueden mantenerse hasta el envejecimiento. De hecho, únicamente se han encontrado deterioros pequeños relacionados con la edad en personas entre los 72 y 95 años de edad (Bryan, Luszcz y Crawford, 1997).

Se ha encontrado, además, que la escolaridad juega un papel importante que la ejecución de los sujetos ya que la ejecución en pruebas de fluidez fonológica se deteriora en la quinta década de la vida en individuos con un nivel educativo bajo, mientras que para individuos con 13 años o más de escolaridad permanece

relativamente estable hasta los 75 años cuando se observa un leve deterioro aparentemente no significativo (Spreeen y Strauss, 1998). Este último estudio señala la importancia de controlar el factor de nivel educativo al evaluar los cambios en la fluidez fonológica asociados a la edad.

Correlación entre el desarrollo de la atención y de la actividad cerebral

Los cambios que con el tiempo ocurren en la cognición de una persona, son el resultado de la interacción entre factores ambientales y biológicos (Craig, 1988). A pesar de que el desarrollo motor y sensorial en el recién nacido y en el niño muestra algunas correlaciones con el desarrollo morfológico y funcional del Sistema Nervioso Central (SNC), el desarrollo cognoscitivo tiene relaciones menos claras con la estructura cerebral (Spreeen, Risser y Edgell, 1995) y no se han estudiado a profundidad. La escasez de conocimiento sobre las bases neuronales de la cognición durante el desarrollo normal se debe, en parte, al limitado número de estudios anatómicos realizados hasta antes del advenimiento de técnicas no invasoras de neuroimagen; y a que, en gran medida, los estudios sobre el desarrollo cognoscitivo y cerebral han procedido de manera independiente, y sólo recientemente se ha tratado de establecer una relación entre ellos.

A continuación se citan algunos estudios realizados en su mayoría con imágenes por resonancia magnética funcional, que han analizado la relación entre el proceso de atención y el desarrollo cerebral.

Casey, Trainor, Giedd et al., (1997) evaluaron a niños y adolescentes, en una tarea de discriminación visual que requirió atender atributos de estímulos que variaban en forma o color. Encontraron que: 1) hubo una correlación negativa entre la edad de los niños y el tiempo de respuesta en esta tarea, 2) hubo una correlación positiva entre la edad, la precisión de las respuestas y el tamaño del cíngulo anterior derecho. De acuerdo con los autores, la correlación entre la edad

y la corteza derecha del cíngulo anterior puede corresponder a un crecimiento o mielinización de esta área, asociado con un incremento de la capacidad atenta.

En algunos estudios el patrón de desarrollo no ha estado determinado por el tamaño de estructuras, sino por diferencias en la magnitud de activación entre niños y adultos en una misma región cerebral. Casey, Trainor, Orendi et al. (1997) analizaron el desarrollo de la corteza prefrontal durante la inhibición de respuestas. Las respuestas conductuales mostraron que los niños tuvieron más falsas alarmas que los adultos. El análisis de imágenes cerebrales, mostró que el la activación en la corteza frontal no difirió entre los niños y adultos. Sin embargo, el volumen de activación fue mayor en los niños que en los adultos, especialmente en la corteza prefrontal dorsolateral cuando se requirió de inhibición de conductas. Los autores sugirieron que la mayor actividad de la corteza prefrontal en los niños, en comparación con los adultos, puede estar relacionada con: 1) diferencias de desarrollo, 2) diferencias en el nivel de dificultad de la tarea o en procesos cognoscitivos requeridos para ejecutar la tarea, 3) la necesidad de los niños de activar más esta región para mantener la representación de la información relevante para la tarea o 4) un índice de la magnitud de la tendencia de los niños para responder ante un estímulo. El decremento del volumen de activación en los adultos podría corresponder a un incremento de la selectividad neuronal a medida que el niño se vuelve más eficiente para representar información contextual.

Sin embargo, en otros estudios (Schroeter, Zysset, Wahl y von Cramon, 2004), la diferencia en la magnitud de activación ha señalado una mayor actividad de la región prefrontal dorsolateral en adultos, en comparación con niños, en la tarea de Stroop. Los resultados de los dos estudios anteriores no concuerdan, pero, a pesar de que en ambos casos se evaluó la capacidad de inhibir conductas inapropiadas, el uso de tareas diferentes dificulta las comparaciones que pueden hacerse entre ellos.

Además de que el tamaño de estructuras o la magnitud de activación podrían estar relacionados con el desarrollo del proceso de atención, una activación diferencial de regiones cerebrales anteriores y posteriores entre niños y adultos podría explicar el desarrollo de dicho proceso. Bunge, Dudukovic, Thomason, Vaidya y Gabrieli (2002) estudiaron la activación cerebral de niños y adultos en una tarea que requirió filtrar información irrelevante y una tarea de inhibición de respuestas. En comparación con los adultos, los niños fueron más susceptibles a la interferencia y menos capaces de inhibir respuestas inadecuadas. En los niños la supresión efectiva de interferencia estuvo asociada con activación prefrontal en el hemisferio izquierdo, mientras que en los adultos la activación prefrontal se localizó en el hemisferio derecho. Por otro lado, en los niños la inhibición efectiva de respuestas estuvo asociada con activación de regiones posteriores, pero no prefrontales, como en el caso de los adultos. Los niños no activaron una región en la corteza ventrolateral derecha en ambos tipos de tareas, como lo hicieron los adultos. Por lo tanto, los autores concluyeron que los niños tuvieron una activación prefrontal inmadura que varió de acuerdo con el tipo de control cognoscitivo requerido.

Diversos estudios confirman la idea de que el desarrollo cognoscitivo está relacionado con una activación diferencial de regiones anteriores y posteriores entre grupos de edad distinta. Por ejemplo, Adelman et al., (2002) estudiando a niños, adolescentes y adultos con la tarea de Stroop describieron un desarrollo funcional del lóbulo parietal durante la adolescencia y un desarrollo prolongado de la corteza prefrontal que continuó hasta la etapa adulta. Rubia et al., (2000), utilizando una tarea de inhibición motora, encontraron que los adolescentes y adultos utilizan regiones anteriores diferentes (regiones frontales operculares derechas y del núcleo caudado en adolescentes y regiones prefrontales izquierdas en adultos) para realizar la tarea con un nivel de eficiencia similar. Luna et al., (2001) estudiaron la habilidad para inhibir movimientos oculares reflexivos y sus resultados sugieren que ésta depende de la maduración de la función integrada entre regiones distantes del cerebro. En comparación con los demás grupos, los

niños tuvieron un incremento de activación en la circunvolución supramarginal y los adolescentes la tuvieron en la corteza prefrontal dorsolateral. En los adultos la inhibición efectiva de los movimientos oculares estuvo relacionada con la actividad de regiones como los campos oculares frontales, tálamo, cerebelo y colículos superiores. Este estudio señala la importancia de la integración de áreas distantes en el cerebro para el funcionamiento cognoscitivo óptimo.

En el caso del desarrollo después de la etapa adulta las investigaciones han también descrito diferencias de la activación cerebral entre adultos jóvenes y mayores. El patrón de cambios observados durante el envejecimiento parece involucrar la disminución de actividad en algunas regiones, acompañado por un aumento de la actividad en otras. Por ejemplo, Langenecker, Nelson y Rao (2004) compararon a jóvenes con adultos mayores, al realizar la prueba de Stroop. Conductualmente, los adultos jóvenes fueron más precisos en la tarea, y ambos grupos fueron más lentos y menos precisos durante la condición de interferencia. Los grupos exhibieron una activación semejante de regiones, pero los adultos mayores exhibieron una mayor activación en múltiples áreas frontales, incluyendo el giro frontal inferior izquierdo. Los resultados observados en los adultos mayores podrían indicar un proceso de compensación, mediante el reclutamiento de regiones que durante la juventud no participaban en la función analizada. Milham et al. (2002) al comparar a adultos jóvenes y mayores durante la ejecución de la misma prueba, encontraron nuevamente semejanzas en los componentes básicos de la red atencional activada, Sin embargo, los adultos mayores tuvieron menor activación de estructuras que se considera apoyan al control atencional (corteza prefrontal dorsolateral y corteza parietal), y una mayor activación de regiones ventrales de procesamiento visual (corteza temporal), de la corteza prefrontal anterior e inferior y de la corteza anterior del cíngulo. Los autores indicaron que las diferencias de actividad cerebral podrían reflejarse en el deterioro del funcionamiento del control atencional, y la disminución de la habilidad para inhibir información irrelevante y para diferenciar entre condiciones de interferencia y de no interferencia observados en el envejecimiento.

En algunos casos se ha descrito que aún cuando la ejecución conductual de adultos jóvenes y adultos mayores sea semejante, muestran diferentes patrones de activación cerebral. Persson et al. (2004), utilizaron una tarea de generación de verbos, en la cual presentaron un sustantivo y la tarea fue mencionar todos los verbos que podrían estar asociados con él. Conductualmente un grupo de adultos jóvenes y otro de adultos mayores tuvieron una ejecución equivalente; sin embargo, los adultos mayores tuvieron menor activación en el giro frontal inferior izquierdo, en el giro temporal inferior izquierdo, y en el cíngulo anterior y una mayor activación del giro frontal inferior derecho. Estos resultados indican que varias regiones cerebrales muestran una activación diferencial entre adultos jóvenes y adultos mayores cuando los requisitos de selección para generar información semántica son altos.

Aún cuando se ha tenido la tendencia a hablar de la atención y de la memoria de manera aislada, los avances en la neurociencia cognoscitiva sugieren que son funciones mutuamente dependientes. En varios ejemplos puede observarse la relación entre estos dos constructos. La memoria de trabajo mantiene las representaciones de las demandas de la tarea. Tales representaciones son cruciales para los procesos atentos responsables de seleccionar las representaciones y acciones relevantes para la tarea. De manera semejante, la atención selectiva actúa para limitar o establecer la prioridad de los contenidos de la memoria de trabajo a las representaciones y acciones relevantes para la tarea. Algunos investigadores han incluso considerado a la atención como un sinónimo de la memoria a corto plazo (Cohen et al., 1993).

Un mecanismo adicional íntimamente relacionado con la atención y la memoria es la habilidad para inhibir información irrelevante. A pesar de que la inhibición y procesos como la atención y la memoria con frecuencia son tratados como tres constructos psicológicos diferentes, algunos aspectos pueden ser parte de un constructo único. Por ejemplo, la memoria y la inhibición están involucradas en el

mantenimiento de la información dado que cuando se representa y mantiene información relevante en la memoria, las representaciones o memorias en competencia son suprimidas o inhibidas. De manera similar, la atención selectiva y la inhibición pueden ser parte de un constructo similar dado que cuando atendemos a un evento relevante otros estímulos sobresalientes y en competencia, pero irrelevantes, son suprimidos o inhibidos a favor del evento relevante. La atención selectiva y la memoria pueden también tener en común una función subyacente, debido a que la descripción clásica de la memoria de trabajo incluye un componente al que se hace referencia como el ejecutivo central, el cual asigna los recursos atencionales a los eventos relevantes. Por lo tanto, la memoria podría definirse en parte como la asignación selectiva de atención a los eventos relevantes o representaciones. Quizá el componente común de solapamiento en los tres ejemplos previos es la presencia de información interferente o en competencia, ya que si no hay interferencia, entonces los procesos inhibitorios no parecen ser necesarios y la distinción entre los constructos de atención y memoria es más clara (Casey, Giedd & Thomas, 2000).

Además de compartir algunos aspectos psicológicos, la inhibición, la memoria de trabajo y la atención comparten como base neuroanatómica la participación de la corteza prefrontal (Fuster, 1989).

II. EL PROCESO DE MEMORIA

Definición de la memoria

La memoria está relacionada con el aprendizaje. Mientras que el término aprendizaje ha sido utilizado para referirse a la adquisición de información nueva, el término memoria hace referencia a la retención de la información aprendida y a la capacidad de recuperación de dicha información (Kandel et al., 2000; Tulving, 1987). La memoria ha sido considerada como uno de los aspectos más importantes para la vida diaria del ser humano ya que refleja nuestras experiencias pasadas, nos permite, momento a momento, adaptarnos a las situaciones presentes y nos guía hacia el futuro (Sohlberg y Mateer, 1989). La memoria es uno de los procesos cognoscitivos más complejos y, al igual que la atención, interviene en el adecuado funcionamiento de muchos procesos cognoscitivos, por ejemplo, la adquisición del lenguaje (Ardila y Rosselli, 1992).

Tipos de memoria

Al igual que en el caso de la atención, la concepción del proceso de memoria como un proceso único o como un proceso formado a su vez por diferentes subprocesos ha sido causa de debates. En algunos casos se ha considerado que las diferentes manifestaciones de la memoria representan únicamente combinaciones diferentes de un proceso particular, mientras que en otros casos la memoria ha sido considerada como un conjunto de sistemas relacionados entre sí, cada uno de los cuales tiene características propias (Tulving, 1992). Esta última aproximación surgió a partir de evidencias experimentales y neuropsicológicas que muestran disociaciones en la ejecución de las personas en diferentes tareas de memoria. Algunas de las distinciones que se han planteado se basan en las etapas por las que pasa el proceso de memoria y en diferentes formas o tipos de memoria.

Las etapas hipotéticas por las que atraviesa el proceso de la memoria son una fase de codificación o registro, una de almacenamiento y una de evocación. La codificación se refiere al procesamiento de la información que puede ser almacenada e incluye la adquisición de la información en los receptores sensoriales y la consolidación que permitirá la creación de una representación duradera. El almacenamiento es el resultado de la adquisición y la consolidación, y permite mantener un registro permanente de la información. La evocación utiliza la información almacenada para crear una representación consciente o para ejecutar una conducta aprendida, como un acto motor (Gazzaniga, Ivry y Mangun, 1998).

Otra de las distinciones clásicas que se han descrito en el proceso de memoria fue planteada originalmente en el modelo de almacenes múltiples. Este modelo constituyó una de las primeras explicaciones sobre el funcionamiento de la memoria y fue tomado como base para algunas explicaciones posteriores. Este modelo propone la existencia de varios almacenes de la memoria, cada uno de los cuales tiene características propias. Los almacenes descritos en el modelo son los siguientes: memoria sensorial, memoria a corto plazo y memoria a largo plazo o memoria secundaria (Atkinson y Shiffrin, 1968; Vega, 1986).

Memoria sensorial. En este almacén una gran cantidad de información que llega a un órgano sensorial particular se retiene por breves instantes (décimas de segundo). Esta información puede transferirse a la memoria a corto plazo, o de lo contrario desaparece rápidamente. En este almacén los estímulos pueden entrar independientemente de si la persona está poniendo atención o no; ésto es, el almacén sensorial es preatentivo. La entrada de información está representada en una forma literal y en el momento en que entra información nueva de la misma modalidad ésta se sobrescribe sobre la información antigua. Algunas características que distinguen al almacén sensorial de los almacenes posteriores son su naturaleza de una modalidad específica, una capacidad relativamente grande y su naturaleza transitoria (Vega, 1986).

Memoria a corto plazo. Se refiere al mantenimiento de la información presentada poco antes de su evocación o reconocimiento, por lo regular sin estímulos que distraigan a la persona del material presentado. De acuerdo con el modelo original, en el almacén a corto plazo los estímulos verbales son codificados principalmente de forma fonémica o en términos auditivos-verbales-lingüísticos. El almacén a corto plazo se distingue de la memoria sensorial en virtud de su capacidad limitada, por el descubrimiento de que la información se pierde principalmente por un proceso de desplazamiento y por una tasa más lenta de olvido, que va del rango de los segundos a los minutos. En el modelo no se postula un almacenamiento permanente en esta etapa (Atkinson y Shiffrin, 1968; Shiffrin, 1993; Shiffrin y Nosofsky, 1994; Shulman, 1971; Vega, 1986).

Memoria a largo plazo. Implica el almacenamiento y posterior recuperación, a través de evocación o reconocimiento, de la información tiempo después (minutos a días) de la presentación inicial. La memoria a largo plazo o memoria secundaria se refiere a la posibilidad de almacenar información hipotéticamente de manera permanente. Las diferencias entre el almacén a corto y largo plazo están bien documentadas. Mientras que el almacén a corto plazo tiene una capacidad limitada, el almacén a largo plazo no tiene un límite conocido; en el almacén a corto plazo los estímulos verbales usualmente se codifican fonémicamente, mientras que en el almacén a largo plazo se codifican principalmente en términos de sus características semánticas; el olvido en el almacén a corto plazo es rápido, mientras que en el almacén a largo plazo es muy lento o el material no se olvida (Baddeley, 1966; Gillund, 1984; Shiffrin & Atkinson, 1969; Vega, 1986).

Este modelo se construyó con base en paradigmas experimentales y recibió apoyo de casos clínicos como el paciente H. M. quien mostraba una disociación entre la memoria a corto y largo plazo (Scoville y Milner, 1957). Sin embargo, estudios posteriores no han dado resultados consistentes en cuanto a las características que definen a estos sistemas (tasa de olvido, capacidad del almacén, tipo de codificación) y por el momento no existe un consenso en las definiciones precisas

de estos almacenes. A pesar de lo anterior, desde una perspectiva clínica, esta distinción da información valiosa, ya que, por ejemplo, si una persona tuviera dificultad con la evocación inmediata de material, pero retuviera la información adquirida durante un período de 30 minutos parecería tener problemas con la adquisición, registro o análisis inicial del material y una evaluación de la atención o del lenguaje sería recomendable. Si, por el contrario, la adquisición inicial fuera adecuada, pero se perdiera mucha información después de una demora, el problema podría radicar en la recuperación u organización de la evocación (Sohlberg y Mateer, 1989).

Como se mencionó, el modelo de almacenes múltiples constituyó una de las primeras explicaciones para el funcionamiento de la memoria. Diversos investigadores han posteriormente planteado distinciones entre varios tipos de memoria. Schacter y Tulving (1994) plantearon la existencia de al menos cinco sistemas de memoria disociables de acuerdo con los siguientes criterios: 1) un sistema de memoria es un grupo de procesos cerebrales interrelacionados que permite el almacenamiento y evocación de un tipo específico de información, 2) el sistema puede caracterizarse en términos de una lista de propiedades que describe su modo de operación, y 3) un sistema de memoria puede disociarse de otros sistemas en base a información derivada de las neurociencias.

Los cinco sistemas de memoria planteados por estos autores son: el sistema de representación perceptual, la memoria de trabajo, la memoria episódica, la memoria semántica y la memoria de procedimiento.

Sistema de representación perceptual. Este sistema juega un papel importante en la identificación de palabras y objetos en base a su forma y estructura. El sistema de representación perceptual opera en un nivel presemántico y no está involucrado en la representación de información asociativa o conceptual. Este sistema puede subdividirse en al menos tres subsistemas principales: un subsistema de la forma visual de las palabras que maneja información de las

características físicas y ortográficas, un subsistema de la forma auditiva de las palabras que maneja información acústica y fonológica, y un subsistema de la descripción estructural que maneja información acerca de las relaciones entre las partes de un objeto especificando su forma global y estructura (Eichenbaum et al., 1999).

Memoria de trabajo. Se ha planteado que la ejecución de la memoria a corto plazo no depende de un sistema único, sino de un grupo de distintos sistemas de memoria a corto plazo. La explicación actual más completa de la memoria a corto plazo es el modelo de memoria de trabajo propuesto por Baddeley y Hitch (Baddeley, 1992, 1998; Baddeley y Hitch, 1974).

De acuerdo con este modelo, la memoria de trabajo está formada por tres componentes: el ciclo fonológico, el boceto visoespacial y el ejecutivo central. Los primeros dos componentes, el ciclo fonológico y el boceto visoespacial, fueron caracterizados como "sistemas esclavos" que están especializados en el procesamiento y manipulación de cantidades limitadas de información dentro de modalidades altamente específicas. Se planteó que el material está almacenado en el ciclo fonológico en términos de sus características fonológicas basadas en sonidos, mientras que el boceto visoespacial tiene la capacidad de mantener las propiedades espaciales y visuales de cantidades limitadas de información. En contraste con los dominios de información altamente específicos en los cuales estos dos sistemas esclavos operan, el ejecutivo central parece ser capaz de ejecutar un rango de funciones de alto nivel. Las funciones adscritas al ejecutivo central incluyen la coordinación del flujo de información a través de la memoria de trabajo, la recuperación de información de almacenes de memoria a largo plazo más permanentes, la aplicación de estrategias de recuperación de información, el razonamiento lógico y los cálculos aritméticos mentales (Baddeley, 1992, 1998; Baddeley y Hitch, 1974).

El término memoria a largo plazo es utilizado para referirse a la memoria para eventos que ocurrieron horas, días, meses y años atrás. Una clasificación importante de la memoria a largo plazo es la que hace una distinción entre la memoria declarativa y la memoria de procedimiento (Cohen, Eichenbaum, Deacedo y Corkin, 1985; Tulving, 1987, 1992).

Memoria declarativa. La memoria declarativa hace referencia a las habilidades para aprender y recordar información sobre objetos y eventos. Se ha considerado como una memoria de tipo relacional, debido a que nos permite aprender explícitamente y recordar relaciones arbitrarias entre estímulos, por ejemplo, el número telefónico de una persona o el nombre de la capital de un país (Banich, 1997; Cohen et al., 1985; Tulving, 1987, 1992).

A su vez, la memoria declarativa comprende a la memoria semántica y a la memoria episódica. La memoria semántica se refiere al conocimiento casi permanente que tenemos acerca del mundo. Por ejemplo, nuestra comprensión del significado de las palabras y nuestro conocimiento de los hechos. Se considera que la información almacenada en la memoria semántica no tiene ubicación temporal ni espacial; es decir, se caracteriza por una falta de conciencia acerca de las ocasiones específicas en las cuales se estableció. Así, podemos recordar un hecho, como el nombre de la capital de un país, aún cuando no recordemos las circunstancias precisas en las cuales adquirimos esta información. La memoria episódica, por otro lado, involucra la capacidad de recordar experiencias personales específicas. Estas memorias contienen la secuencia detallada de eventos que constituyen una experiencia y el contexto espacial y temporal en el cual ocurrió la experiencia y por lo tanto, se considera que poseen una ubicación en el tiempo y el espacio (Tulving, 1987, 1992).

Memoria de procedimiento. La memoria de procedimiento se refiere a la memoria de los hábitos bien arraigados de un individuo. La memoria de procedimiento se adquiere gradualmente a través de la práctica repetitiva. Esta

memoria puede recuperarse y expresarse únicamente cuando las operaciones de procesamiento originales se realizan nuevamente. Por ejemplo, el procesamiento involucrado en la lectura se organiza y moldea con la experiencia, dando lugar a una identificación más rápida de las palabras más frecuentes en el vocabulario y a una ejecución general más veloz. La memoria de procedimiento para la experiencia de lectura se expresa únicamente cuando la persona está leyendo nuevamente y se manifiesta en el desempeño sin que se tenga conciencia de poseer este tipo de memoria (Banich, 1997; Cohen et al., 1985; Tulving, 1987, 1992).

Modelo de niveles de procesamiento. Una aproximación distinta hacia el estudio de la memoria ha conceptualizado a este proceso de acuerdo con niveles de procesamiento a los que se puede someter la información, más que como un mecanismo constituido por diferentes almacenes (Craik y Lockhart, 1972; Challis, Velichkovsky y Craik, 1996).

En el modelo de niveles de procesamiento se postula que las etapas preliminares de la percepción están relacionadas con el análisis de las características sensoriales tales como: líneas, ángulos, brillo, tono, etc., mientras que las siguientes etapas están más relacionadas con el pareamiento entre la información nueva y el aprendizaje pasado, ésto es, las etapas más tardías están relacionadas con el reconocimiento de patrones y la extracción de significado. Este concepto de una serie de etapas de procesamiento es conocido como "profundidad del conocimiento", donde una mayor profundidad implica un mayor grado de análisis cognitivo o semántico. La persistencia de una huella de memoria es una función de la profundidad del análisis, donde los niveles más profundos de análisis están asociados con huellas de memoria más elaboradas y con mayor duración. La retención es una función de la profundidad y de varios factores tales como la atención dirigida a un estímulo, la compatibilidad entre la información nueva y la antigua, y el tiempo de procesamiento disponible (Challis et al., 1996; Craik y Lockhart, 1972).

Sustrato neuroanatómico de la memoria

Al igual que en el caso de la atención, los diferentes tipos de memoria se han asociado con la activación de distintas estructuras cerebrales.

Sistema de representación perceptual. Estudios con tomografía por emisión de positrones han revelado que regiones de la corteza occipital extraestriada están involucradas en el procesamiento y representación de la forma visual de las palabras (Flowers et al., 2004). Por otro lado, estudios en monos y humanos lesionados (Plaut y Farah, 1990), así como estudios de neuroimagen (Haxby et al., 1994), sugieren que las regiones cercanas a la unión occipito-temporal, tales como el giro temporal inferior y el giro fusiforme, están involucradas en la representación de la estructura global de un objeto.

Memoria de trabajo. La evidencia a favor de la existencia de diferentes componentes de la memoria de trabajo proviene en parte del estudio de pacientes lesionados que sufren deterioros específicos de la memoria a corto plazo (Gathercole, 1994). Algunos pacientes tienen deficiencias en la memoria auditiva a corto plazo que pueden ser atribuidos a un deterioro del almacén fonológico (Vallar y Baddeley, 1984), o a una alteración de los procesos de repetición subvocal articuladora que actúa para refrescar las representaciones que van decayendo en el almacén fonológico (Belleville, Peretz y Arguin, 1992). Otros pacientes tienen un deterioro específico del boceto visoespacial (Hanley, Young y Pearson, 1991), o del ejecutivo central (Van der Linden, Coyette y Seron, 1992).

Los estudios con neuroimagen han también aportado evidencia de la disociación entre los subsistemas verbal y espacial de la memoria de trabajo. La memoria de trabajo verbal, ciclo fonológico, se ha localizado en el hemisferio izquierdo (Smith, Jonides & Koeppe, 1996), específicamente, se ha asociado con la activación del giro supramarginal izquierdo (giro parietal inferior -área 40 de Brodmann)

(Eichenbaum et al., 1999). Además, se ha identificado la participación del área de Wernicke (región posterior de la corteza de asociación auditiva – área 22 de Brodmann) en el funcionamiento del almacén fonológico y del área de Broca (giro frontal inferior – áreas 44 y 45 de Brodmann) en el proceso de repetición articulatoria (Paulesu, Frith y Frackowiak, 1993).

Este mismo tipo de estudios ha señalado que, por su parte, la memoria de trabajo espacial puede localizarse en el hemisferio derecho (Smith et al., 1996). Específicamente se ha asociado con el funcionamiento de la corteza de asociación visual, el lóbulo parietal inferior y la corteza prefrontal inferior (Eichenbaum et al., 1999; Vallar y Pagano, 1995). Además, se ha sugerido también que el almacenamiento de la información acerca de los objetos puede ser diferente de la memoria de trabajo espacial, teniendo una ubicación en el hemisferio izquierdo (Smith et al., 1995).

La localización del ejecutivo central aún es controversial. Algunos autores han propuesto que su funcionamiento se asocia con la actividad de los lóbulos frontales. En tareas de respuesta demorada aplicadas en monos se ha sugerido que esta región mantiene información durante períodos breves. En esta tarea se coloca alimento en uno de dos depósitos idénticos, se cubren los depósitos durante un período y se descubren nuevamente de manera que el animal es recompensado si elige aquel que contiene la comida. Registros celulares en monos han encontrado activación de neuronas en la región prefrontal únicamente durante el intervalo de demora, probablemente relacionado con el mantenimiento de información (Fuster, 1973). Más recientemente, estudios con resonancia magnética han señalado, por ejemplo, que la ejecución en tareas duales (lectura de oraciones y recuerdo de la palabra final de cada oración) que requieren coordinación (supuestamente atribuida al funcionamiento del ejecutivo central) están asociadas con activación de los lóbulos frontales (Bunge, Klinberg, Jacobsen y Gabrieli, 2000). Sin embargo, también existen reportes de pacientes con lesiones en los lóbulos frontales que no muestran deterioro en la coordinación

de tareas duales (Frisk y Milner, 1990) y reportes de neuronas en la corteza intraparietal lateral y en la corteza temporal, en tareas de respuesta demorada, también tienen un patrón de disparo que sugiere una función de la memoria de trabajo. Estas áreas parecen ser específicas a una modalidad ya que la activación parietal se observa ante tareas visoespaciales y la temporal en auditivas (Crottaz-Herbette, Anagnoson y Menon, 2004; Gnadt y Andersen, 1988).

Este tipo de evidencias ha llevado a plantear que el uso eficiente de los subcomponentes de la memoria de trabajo involucra interacciones entre la corteza prefrontal y varias regiones córtico-subcorticales incluyendo las cortezas de asociación temporal y parietal, el hipocampo, la amígdala y el cuerpo estriado (Alexander, DeLong y Strick, 1986; Robins et al., 1994; Selemon y Goldman-Rakic, 1988). Algunos investigadores han considerado que el funcionamiento ejecutivo depende de una red distribuida entre regiones anteriores y posteriores del cerebro (Fuster, 1997).

Codificación y evocación. Al igual que en el caso de la memoria de trabajo, la memoria episódica parece estar asociada con el funcionamiento de una red neuronal formada por diferentes estructuras temporales y frontales. Los estudios de pacientes lesionados han mostrado que las áreas temporales mediales, incluyendo al hipocampo y las cortezas adyacentes (perirrinal y parahipocampal), juegan un papel importante en la memoria episódica, específicamente en la adquisición de memorias nuevas (Eichenbaum et al., 1999; Scoville y Milner, 1957).

En modelos con ratones se ha propuesto que el hipocampo está relacionado con el mapeo cognoscitivo, entendido como el establecimiento de una representación neuronal organizada acerca del ambiente físico. Las evidencias a favor de esta propuesta señalan que los animales con daño en el sistema hipocampal tienen deficiencias en la exploración espacial y en el aprendizaje de laberintos (Morris, Garrud, Rawlins y O'Keefe, 1982; O'Keefe y Nadel, 1978). Evidencia adicional

proviene del descubrimiento de las células de lugar en el hipocampo, las cuales disparan únicamente cuando la rata se encuentra en un lugar particular del ambiente y cuya actividad es independiente de la orientación de la rata y de su conducta (O'Keefe, 1976). Se ha sugerido que la actividad de estas células refleja una codificación de las relaciones espaciales entre los estímulos físicos en el ambiente, debido a que se modifica con rotaciones, cambios de tamaño o arreglo espacial de los estímulos (O'Keefe y Speakman, 1987). Ha habido un acuerdo general del papel del hipocampo en la memoria de tipo espacial. La importancia de dicha estructura en tareas no espaciales, aún cuando no ha sido tan clara, también ha recibido evidencias a favor. Por ejemplo, Broadbent, Squire y Clark (2004), examinaron la relación entre el tamaño de una lesión hipocampal y tareas de memoria espacial y memoria de reconocimiento de objetos en ratas. Encontraron que el hipocampo es importante para ambas tareas, aún cuando la ejecución en tareas de memoria espacial requiere contar con mayor tejido intacto, que la memoria de reconocimiento de objetos.

Además de tratar de explicar cuál es el tipo de información manejada por el hipocampo, se ha buscado determinar la forma en la que esta estructura participa en el proceso de memoria. Se ha sugerido que el hipocampo juega un papel crítico en la habilidad para recordar una serie de experiencias distintas, para unir las en una organización de mayor escala, y para utilizar esta información para inferir la solución de problemas nuevos. Este tipo de afirmaciones proviene, por ejemplo, de estudios que han encontrado dificultad en el aprendizaje de relaciones de transitividad en ratas con daño hipocampal. Estas pruebas miden la habilidad para inferir una asociación entre dos estímulos que compartían una asociación en común. Por ejemplo, habiendo aprendido que el olor A está asociado con el B, y que el B lo está con el C, ¿los animales pueden inferir que el olor A está asociado indirectamente con C? (Dusek y Eichenbaum, 1997). Estos resultados apoyan la idea de que el hipocampo está relacionado con el manejo de relaciones entre estímulos y en la expresión de una memoria flexible durante la ejecución de tareas.

Se ha propuesto que el hipocampo participa en el almacenamiento de nuevas memorias uniendo actividades neuronales de diferentes en regiones distribuidas de la corteza. De acuerdo con esto, los elementos de una escena o evento son procesados en diferentes zonas corticales especializadas para información visual, auditiva, lingüística o espacial y existen conexiones recíprocas entre estas zonas corticales y el sistema hipocampal, permitiendo al sistema hipocampal comunicarse de regreso con las mismas regiones corticales involucradas en el procesamiento del evento o escena original. Así, los distintos atributos o elementos del evento pueden entonces almacenarse en las diferentes zonas corticales: la memoria para aspectos visuales de la experiencia se almacena en áreas de procesamiento visual, la memoria para elementos lingüísticos se almacena en zonas del lenguaje de manera que la memoria para el evento total estaría almacenado de una manera distribuida. Se considera que el papel del hipocampo es limitado en tiempo, de manera que un tiempo después de que se procesa una memoria nueva, se puede recuperar sin la participación de esta estructura (Squire, 1992; Squire & Zola-Morgan, 1991; Stark & Squire, 2000).

El componente asociativo del lóbulo temporal parece actuar en conjunto con un componente de los lóbulos frontales durante el proceso de memoria. Estudios con pacientes lesionados han mostrado que regiones de la corteza prefrontal juegan un papel en la memoria episódica. A pesar de que los pacientes con daño selectivo en esta región no desarrollan una amnesia profunda para los eventos recientes, desarrollan un fenómeno llamado amnesia fuente, es decir, tienen dificultades para recordar cuándo y dónde ocurrieron los eventos recientes, así como el orden temporal de los eventos (Milner, Corsi y Leonard, 1991). Los problemas de memoria fuente también se han observado en los adultos mayores, quienes desarrollan patologías en los lóbulos frontales, y en los niños pequeños, cuyas funciones frontales están inmaduras. El daño en los lóbulos frontales también puede producir distorsiones de la memoria episódica donde los pacientes declaran recordar eventos que nunca ocurrieron (Moscovitch, 1995).

Estudios realizados con Tomografía por Emisión de Positrones han revelado también una activación del lóbulo frontal durante tareas de memoria episódica (Ungerleider, 1995). En algunos estudios, regiones frontales derechas muestran mayor activación que regiones frontales izquierdas durante la evocación, y regiones frontales izquierdas muestran mayor activación que regiones frontales derechas durante la codificación de listas de palabras (Fletcher et al., 1995; Tulving, Markowitsch, Craik, Habib, y Houle, 1996). Además, se ha planteado que las regiones prefrontales actúan en conjunto con regiones posteriores en redes neuronales que median el proceso de memoria. Por ejemplo, Nyberg et al., (2000) utilizaron tomografía por emisión de positrones para monitorear la actividad cerebral durante la codificación y la recuperación (reconocimiento) de información verbal (oraciones) y no verbal (dibujos). Encontraron que, en comparación con el procesamiento de oraciones e independientemente del tipo de proceso cognitivo (codificación o reconocimiento), el procesamiento de dibujos estuvo asociado con un incremento de la actividad en regiones occipitales y temporales, especialmente en el hemisferio derecho; y el procesamiento de oraciones estuvo asociado con activación de regiones temporales y frontales del hemisferio izquierdo. En comparación con la evocación, la codificación asociada con un incremento bilateral de la actividad en la región temporales y un incremento de la región prefrontal dorsolateral izquierda. La recuperación, en comparación con la codificación, estuvo más asociada con un incremento de la actividad en la corteza parietal lateral izquierda y en la corteza prefrontal anterior derecha. No se encontraron interacciones entre el tipo de material y el tipo de proceso cognitivo.

La corteza prefrontal parece también estar encargada de la selección y aplicación de estrategias para la codificación y evocación (Gabrieli, 1996). Pacientes con lesiones prefrontales dorsolaterales muestran una ejecución adecuada en pruebas de memoria de reconocimiento. Sin embargo, tienen una ejecución deficiente en tareas de memoria que requieren de la generación de alguna estrategia para guiar su ejecución, como sería el caso de pruebas de evocación libre (Janowsky,

Shimamura y Squire, 1989); pruebas que requieren hacer un juicio temporal de la información memorizada (Shimamura, Janowsky y Squire, 1990); pruebas que requieren hacer juicios de frecuencia (Smith y Milner, 1988), o pruebas que requieren un recuento de las fuentes de la información (Janowsky et al., 1989).

Se ha señalado que la adquisición de memorias semánticas nuevas, al igual que la adquisición de memorias episódicas nuevas, depende de la integridad de los lóbulos temporales mediales (Eichenbaum et al., 1999). Por ejemplo, se han presentado reportes de pacientes con daño en regiones anteriores del lóbulo temporal que no presentaban problemas para recordar episodios específicos de su vida, sino dificultades para comprender el significado de palabras comunes y pérdida de conocimiento de eventos históricos (De Renzi, Liotti y Nichelli, 1987). De manera similar, pacientes con demencia semántica tienen un conocimiento deteriorado de las propiedades de los objetos, a pesar de conservar la memoria episódica. Los estudios de neuroimagen en estos pacientes han revelado una disminución de la actividad metabólica y atrofia estructural en regiones anteriores y laterales del lóbulo temporal, especialmente en el hemisferio izquierdo, lo cual sugiere su participación en el sistema de memoria semántica (Patterson y Hodges, 1995).

Memoria de procedimiento. Diversos estudios apoyan la idea de que la memoria de procedimiento depende de un sistema córtico-estriatal. Por ejemplo, pacientes con enfermedad de Huntington, que se caracteriza por daño en los ganglios basales, tienen dificultad para adquirir nuevas habilidades motoras, a pesar de contar con una memoria explícita relativamente intacta (Heindel, Salmon, Shults, Walicke y Butters, 1989). La evidencia con estudios de neuroimagen también implican a los ganglios basales, así como a la corteza motora, en el aprendizaje de procedimiento (Kami et al., 1995). El cerebelo también parece estar involucrado en la memoria de procedimiento, ya que los pacientes con daño en esta estructura tienen dificultad en el aprendizaje para ejecutar secuencias de movimientos (Grafman et al., 1992). Debido a que ninguna de estas estructuras está

comúnmente afectada en pacientes amnésicos, se ha señalado que la memoria de procedimiento depende de un sistema diferente al de la memoria episódica o semántica.

Desarrollo de la memoria

Como se mencionó en el capítulo anterior, aquellos estudios que dentro de un rango de edad limitado han analizado el desarrollo de la memoria, han mostrado, de manera general, que hay una mejor ejecución a lo largo de la niñez en algunas de las pruebas que miden estos procesos, y un decremento paulatino durante el envejecimiento. Sin embargo, la mayoría de las investigaciones han estudiado un rango de edad limitado, se han enfocado en evaluar el efecto de la edad en un solo tipo de memoria y, además, han empleado tareas diferentes, lo cual dificulta las comparaciones e interpretaciones que puedan hacerse.

En la siguiente sección se describen algunas investigaciones que ilustran el conocimiento adquirido sobre el desarrollo de la memoria.

Extensión de memoria, capacidad de atención, memoria de trabajo

En la evaluación neuropsicológica se han utilizado con frecuencia tareas en las que se presenta información verbal o visual a los sujetos, quienes inmediatamente después de recibirla deben reproducirla. La cantidad de información aumenta en cada ensayo hasta que el sujeto no es capaz de reproducirla correctamente. En términos generales, en aquellos casos en los que la información que se recibe se almacena temporalmente de una manera pasiva se considera que se evalúa la extensión de la memoria a corto plazo o la capacidad de atención. En el caso en el que la tarea requiere tanto de almacenamiento como de un procesamiento activo de la información que se recibe, se considera que la tarea evalúa la memoria de trabajo. Por ejemplo, la tarea de retención de dígitos en orden inverso requiere que la persona al escuchar una serie de dígitos los almacene brevemente y los

manipule mentalmente para posteriormente reportarlos desde el último hasta el primero. El procesamiento activo en esta tarea, a diferencia de la recepción pasiva de la retención de dígitos en orden directo, se ha supuesto que requiera la participación de la memoria de trabajo (Lezak, 1995; Phillips y Forshaw, 1988).

Hulme, Thomson, Muir y Lawrence, (1984) presentaron a sujetos de 4, 7, 10 y 19 años de edad listas de palabras de diferente longitud. La tarea consistió en repetir en el mismo orden las palabras escuchadas. Además evaluaron la velocidad con la que los sujetos podían repetir pares de palabras. Encontraron que a mayor edad, los sujetos fueron capaces de repetir un mayor número de palabras en el mismo orden de presentación y su velocidad de habla fue también mayor. Concluyeron que el aumento en la extensión de la memoria podía ser explicado en términos de un aumento en la velocidad del habla.

Siegel (1994) examinó la extensión de la memoria (o la capacidad de atención) y la memoria de trabajo en un grupo de sujetos en un rango de edad de 6 a 49 años. La tarea de extensión de memoria consistió en mostrar a los sujetos tarjetas con cinco letras. Las tarjetas se presentaron por tres segundos, después de lo cual se retiraron y los sujetos debían escribir todas las letras que recordaran. Se calificaron como correctas únicamente aquellas letras que fueron recordadas en el mismo orden de la presentación. La tarea de memoria de trabajo consistió en la presentación auditiva de oraciones a las cuales les faltaba la última palabra. La tarea fue completar la palabra faltante y repetir todas las palabras faltantes. Por ejemplo: "En verano hace mucho _____", "La gente va a ver monos al _____", "En la cena algunas veces comemos pan y _____". Los sujetos debían repetir las tres palabras que habían seleccionado, en este caso "calor", "zoológico", "mantequilla" en el mismo orden que se habían presentado las oraciones. Los autores presentaron grupos de dos, tres, cuatro o cinco oraciones. Encontraron que en ambas tareas hubo un incremento en la ejecución desde los seis hasta los 15 años de edad. Además, la memoria de trabajo mostró un decremento después de los 20 años, mientras que la ejecución en la tarea de extensión de memoria no

mostró un deterioro, por lo menos hasta los 49 años. El autor concluyó que el deterioro asociado a la edad parece estar relacionado a las demandas de procesamiento de la tarea ya que la tarea de memoria de trabajo requirió una división de la atención entre los estímulos nuevos y los ensayos previos, mientras que en el caso de la tarea de extensión de memoria sólo la información en un ensayo particular fue relevante. Estos datos concuerdan con los encontrados por Hulme et al., (1984) sobre la extensión de memoria en niños y adolescentes, y aportan información en un rango más amplio de edad y sobre la memoria de trabajo.

Van der Linden, Brédart y Beerten (1994) estudiaron la memoria de trabajo en adultos jóvenes (22 años) y adultos mayores (65 años). En este caso la tarea requirió que los sujetos observaran series de tarjetas, cada una con una consonante impresa. Los sujetos desconocían la longitud de la serie y debían recordar las últimas cuatro o seis consonantes. De acuerdo con los autores, entre mayor es la longitud de la serie, se requiere un proceso de actualización en el cual se deben eliminar algunos estímulos para que los nuevos estímulos se puedan registrar. Los autores encontraron que cuando el proceso de actualización no es necesario (serie de seis consonantes), los adultos mayores tienen una ejecución similar a los jóvenes. Entre más operaciones de actualización se requirieran, es decir, entre más larga fuera la serie de consonantes, la ejecución de los ancianos se afectaba más. Los autores sugirieron que cuando la carga de memoria es baja los adultos mayores ejecutan la tarea tan bien como los jóvenes, mientras que cuando la carga de memoria aumenta se observan decrementos en la memoria de los adultos mayores. De acuerdo a los autores el déficit en los adultos mayores parece estar restringido a los recursos de procesamiento de la memoria de trabajo, específicamente del ejecutivo central.

En resumen, los estudios anteriores sugieren que los adultos mayores tienen una habilidad conservada en tareas que requieren el almacenamiento pasivo y breve de cantidades pequeñas de información. Por el contrario, en las tareas que

requieren realizar algún tipo de procesamiento mientras se almacena simultáneamente información, los adultos mayores tienen un deterioro en la ejecución respecto a los adultos jóvenes.

Otros estudios han encontrado que cuando se iguala la demanda de la extensión de memoria, la memoria de trabajo no se deteriora en los adultos mayores. Belleville, Rouleau y Caza (1998) estudiaron la extensión de memoria y la memoria de trabajo en adultos jóvenes (22 años) y adultos mayores (71 años). La extensión de memoria fue medida presentando palabras a los sujetos y pidiendo que inmediatamente después las repitieran en el mismo orden. Se fue aumentando el número de palabras hasta que la persona no pudo repetir las correctamente. Para evaluar la memoria de trabajo utilizaron una tarea llamada procedimiento de extensión alfabética en la cual se le presenta a los sujetos una lista de palabras y ellos deben repetir en orden alfabético todas las palabras que escucharon. Se igualó la demanda de almacenamiento ajustando la longitud de las listas de acuerdo a la extensión de memoria de los individuos. Se encontró una tendencia en los sujetos mayores a obtener una extensión menor de memoria que los sujetos jóvenes, pero en la tarea de memoria de trabajo los adultos mayores no mostraron deterioro en la capacidad para manipular información respecto a los adultos jóvenes. De acuerdo con los autores la conservación a los 71 años de edad de la capacidad para manipular información refleja una conservación de la memoria de trabajo, específicamente del ejecutivo central.

Por lo tanto, por el momento existen controversias en cuanto a si la memoria de trabajo se afecta durante el envejecimiento.

La mayoría de los estudios sobre el desarrollo de la memoria han estado enfocados principalmente en medidas con componentes importantes de la memoria verbal y menos estudios han examinado el desarrollo de la capacidad o extensión de la memoria de tipo visoespacial.

Una de las tareas que se han utilizado para estudiar la extensión de la memoria visoespacial consiste en mostrar brevemente a los sujetos un patrón dimensional compuesto de cuadros llenos o vacíos. Posteriormente se muestra el mismo patrón pero esta vez sin un cuadro lleno. La tarea consiste en señalar la posición en la que estaba el cuadro que falta. El número de cuadros se va aumentando a cada ensayo hasta que el sujeto no puede identificar la posición del cuadro que falta. Aplicando este paradigma a niños de 5, 7 y 11 años y a adultos, se observó que la extensión de la memoria de tipo visual aumenta de los cinco a los once años de edad, momento en el cual alcanza los niveles de ejecución de los adultos (Wilson, Scott y Power, 1987). De manera similar, Luciana y Nelson (1998) estudiaron la extensión de memoria y la memoria de trabajo visoespacial en niños con entre 4 y 8 años de edad y en adultos jóvenes. La tarea de extensión requirió que las personas señalaran una serie de estímulos, previamente indicados en un monitor de computadora. Estos investigadores encontraron un efecto de la edad, donde los niños de 4 años tuvieron una menor extensión que los niños de 5, 6, 7, 8 y los adultos, los niños de 5 o 6 años no fueron diferentes entre sí y tuvieron una menor extensión que los niños de 7, 8 y los adultos jóvenes, los niños de 7 y 8 años difirieron entre sí, y tuvieron una extensión menor que los adultos.

Ambos estudios indican que, al igual que en la modalidad verbal, la extensión de memoria visoespacial se caracteriza por una mejor ejecución a medida que aumenta la edad de los niños.

Ampliando el rango de edad estudiado niños de 4 a 8 años, adolescentes de 17 y adultos de 23 años, Luciana y Nelson (1998) evaluaron la memoria de trabajo de tipo visoespacial. Presentaron en un monitor un número de cuadrados de colores. Algunos cuadrados contenían una ficha escondida y la tarea consistió en tocar uno a uno los cuadrados para ver si tenían una ficha. Si contenían una ficha, se debía mover para "eliminarla". Para ejecutar la tarea de manera eficiente, sin buscar repetidamente en lugares previamente seleccionados, los sujetos debían recordar dónde habían buscado y encontrado una ficha. El orden en el cual se hizo la

búsqueda fue auto-determinado. El número de cuadrados empezó en dos y aumentó hasta 8. Con esta tarea, se encontró un desarrollo de la memoria de trabajo espacial entre los 4 años y los adultos. El efecto de la edad tuvo una interacción con la dificultad de la tarea; ésto es, cuando la búsqueda se hizo sólo entre dos cuadros, la diferencia estuvo marcada sólo por los niños de 4 años, quienes tuvieron una ejecución más pobre que el resto de los grupos; mientras que cuando la búsqueda se hizo entre 8 cuadros, los niños no difirieron entre si, pero tuvieron una ejecución más pobre que los adultos.

El desarrollo de la memoria de trabajo visoespacial hasta los adultos mayores fue estudiado recientemente por De Luca et al. (2003). Estos investigadores utilizaron una tarea que requirió la búsqueda de fichas escondidas en un número cada vez mayor de cajas. En la investigación participaron personas con entre 8 y 64 años de edad. Se encontró un efecto significativo de la edad, donde el grupo de 20 a 29 años tuvo una mejor ejecución que el resto de los grupos, excepto por el de 15 a 19 años, el cual a su vez tuvo una mejor ejecución que los grupos de 8 a 10 y 50 a 64 años. El grupo más joven (8 a 10 años) tuvo la peor ejecución en la tarea, cayendo significativamente debajo de los grupos de 11 a 14 y 30 a 49 años.

Los resultados anteriores podrían sugerir que durante la niñez el desarrollo de la extensión de memoria y de la memoria de trabajo, en la modalidad verbal y visoespacial, proceden de una manera similar, ya que en todos los casos se ha reportado un incremento de la ejecución. En los adultos parecería haber un acuerdo en cuanto a una conservación de la extensión de memoria y controversias en relación con la memoria de trabajo.

Sin embargo, pocos estudios han comparado directamente la extensión de la memoria y la memoria de trabajo con estímulos verbales y viso-espaciales a lo largo del desarrollo, por lo cual aún no contamos con información precisa al respecto. Uno de estos estudios (Isaacs y Vargha-Khandem, 1989) presentó datos sobre el desarrollo en niños de la extensión de memoria y de la memoria de

trabajo en ambas modalidades. En él se utilizaron las tareas de retención de dígitos y cubos de Corsi. Como ya se mencionó, la tarea de retención de dígitos consiste en leer al sujeto una serie de dígitos y pedirle que inmediatamente la repita ya sea en el mismo orden o en el orden inverso. La cantidad de dígitos en la serie se va aumentando hasta que el sujeto no es capaz de repetirla correctamente. La tarea de cubos de Corsi tiene la misma lógica que la de retención de dígitos, pero en este caso los estímulos empleados son una serie de cubos que el experimentador toca en cierto orden que debe ser repetido por el sujeto. Empleando estas tareas se ha observado un aumento en la extensión de la memoria verbal (retención de dígitos) y visual (cubos de Corsi) de los siete a los quince años de edad. Al analizar la ejecución en orden directo e inverso se encontró que ésta disminuye en la prueba verbal si se les pide a los sujetos que repitan los dígitos en orden inverso, mientras que en el caso de la prueba visoespacial la ejecución no disminuye si se le pide a la persona que repita la secuencia en orden inverso, es decir, la ejecución es casi equivalente tanto para la repetición directa como inversa.

En adultos la comparación directa entre la extensión de la memoria y la memoria de trabajo con estímulos auditivo-verbales y viso-espaciales-noverbales, utilizando las pruebas de retención de dígitos y cubos de Corsi, fue estudiada por Ostrosky-Solís, Jaime y Ardila (1998). Dichos autores encontraron que las ejecuciones en estas pruebas disminuyeron entre los 20 y los 89 años. La extensión de memoria verbal se conservó en un 80% entre los 80 y 89 años, en comparación con el rango de los 20 a 29 años. La extensión de memoria visoespacial se conservó en un 71%. La memoria de trabajo verbal se conservó en un 64% y la visoespacial en un 68%. Estos resultados indican una mayor afectación de la memoria de trabajo en comparación con la extensión de memoria o capacidad de atención, y una mayor discrepancia entre la memoria de trabajo y la extensión de memoria en la modalidad auditivo-verbal.

Estudios posteriores podrían aportar más información en niños y en adultos, sobre el desarrollo de estas habilidades.

Evocación

Un paradigma con el que se ha evaluado la evocación de información es presentar a la persona material que debe aprender y posteriormente evocar. Las investigaciones que se han interesado en analizar las relaciones entre la edad y la evocación de material se han limitado a comparar algunos grupos de niños con adultos o adultos con ancianos, pero por el momento no se cuenta con estudios que nos permitan conocer el desarrollo de la evocación de diferentes tipos de material desde niños hasta ancianos. A continuación se describen algunos estudios sobre la evocación de información en grupos de niños, adultos o ancianos.

Bjorklund y Harnishfeger (1987) estudiaron la memoria en niños de 9 y 12 años y en adultos de 21 años de edad. Presentaron listas de 12 palabras relacionadas (agrupadas de acuerdo a pájaros, ropa, muebles y herramientas) y listas de 12 palabras no relacionadas. En una primera fase los sujetos debían aprender una lista de palabras, posteriormente se les daba una tarea de pareamiento de figuras no relacionada con la tarea de memoria y finalmente se les pedía que nombraran todas las palabras que recordaran de la lista. Durante el aprendizaje y evocación de las listas los sujetos ejecutaron una tarea de interferencia presionando una barra lo más rápido posible. La tarea de interferencia fue utilizada para medir el esfuerzo mental empleado durante la tarea de memoria. Encontraron que un esfuerzo mental comparable (una tasa de presión de la barra similar entre los grupos de sujetos), resultó en una mejor ejecución en la prueba de memoria en los adultos y niños de 12 años en comparación con los niños de 9 años. En un segundo experimento, a los niños de 9 y 12 años se les instruyó para que utilizaran una estrategia de organización para recordar una lista de palabras. Aunque ambos grupos de sujetos emplearon la estrategia de organización y

mostraron un esfuerzo mental similar, hubo una mejoría en la ejecución únicamente de los niños de 12 años. Los autores sugirieron que el esfuerzo de los niños menores para aplicar una estrategia de memoria reduce la cantidad de capacidad mental disponible para otras actividades, lo cual resulta en ganancias modestas en la ejecución de memoria.

En el experimento anterior la evocación de las palabras fue "libre", es decir, no se dio a los sujetos ningún indicio para ayudar a evocar las palabras. En otros estudios se ha empleado una evocación por reconocimiento en la que el sujeto tiene que distinguir los estímulos aprendidos dentro de un conjunto mayor de estímulos. En el caso de los niños de 6, 8 y 10 años y de adultos de 24 años de edad se ha reportado que la ejecución en pruebas de reconocimiento se caracteriza por un aumento en el número de identificaciones correctas y un menor número de falsos positivos a medida que la edad de los sujetos es mayor (Markham et al., 1992).

Los estudios con adultos jóvenes y adultos mayores han mostrado que entre los 20 y los 89 años hay una disminución de la codificación y evocación libre de una lista de 10 palabras (Ostrosky-Solís et al., 1998). Utilizando una lista de 15 palabras en una prueba de recuerdo libre también se ha sugerido que los jóvenes recuerdan un mayor número de palabras que los ancianos. Sin embargo, esta diferencia puede disminuir dando a los sujetos las tres primeras letras de las palabras aprendidas. Aún más, si se aplica una prueba de reconocimiento en la que el sujeto tiene que distinguir las palabras aprendidas dentro de un conjunto de palabras la diferencia entre jóvenes y ancianos es menor (Laurent y Dirks, 1994). El hallazgo de que los adultos jóvenes tienen una mejor ejecución que los adultos mayores en pruebas de recuerdo libre y que esta diferencia se minimiza cuando se presenta una tarea de reconocimiento ha hecho suponer que las diferencias entre jóvenes y ancianos en las pruebas de recuerdo libre se deben a un problema de evocación y no de adquisición de información (Cummings y Benson, 1992).

Los deterioros de la codificación y evocación en los adultos mayores se han observado tanto en la modalidad verbal como visoespacial. Ostrosky et al. (1998) aplicaron pruebas de memoria lógica y de la figura compleja de Rey-Osterreith. La prueba de memoria lógica consiste en la lectura de historias con la posterior evocación por parte de los sujetos de toda la información que recuerden. La prueba de la figura de Rey-Osterreith consiste en la presentación de una figura sin sentido que la persona evaluada debe copiar y posteriormente reproducir, sin ver el modelo original. Dichos autores señalaron que en la evocación inmediata de la memoria lógica el grupo de mayor edad (80 a 89 años) conservó un 72% de la información recordada por el grupo más joven (20 a 29 años). En la evocación demorada el grupo de mayor edad sólo conservó un 50%. En la evocación inmediata de la figura de Rey-Osterreith el grupo de mayor edad conservó un 41% y en la demorada un 34%. Haaland, Price y Larue (2003) estudiaron a adultos con un rango de edad entre los 16 y los 89 años. Aplicaron pruebas de memoria lógica y reproducción visual. La prueba de reproducción visual consiste en la presentación de tarjetas con diseños impresos. Después de la presentación los sujetos deben reproducir lo que recuerden de los diseños. Los resultados mostraron que, en la prueba de memoria lógica, no hubo un deterioro significativo en la memoria de los 16 a los 49 años. Para la reproducción visual inmediata, el patrón fue algo diferente, con evidencia de una ejecución comparable de los 16 a los 39 años y un leve deterioro de los 30 a los 49. En general, después de los 49 años la ejecución fue más variable pero se pudo caracterizar por un deterioro gradual con una tendencia a un deterioro más marcado a la edad de 50-59 y 80-89. Estos resultados, así como algunas investigaciones previas (Babcock, Laguna y Roesch, 1997; Tomer y Cunningham, 1993), han llevado a la propuesta de un deterioro más marcado de la modalidad visoespacial que de la verbal.

Jenkins, Myerson, Joerding, y Hale, (2000) recientemente abreviaron la evidencia a favor de una mayor sensibilidad de las tareas visoespaciales, en comparación con las verbales, en el estudio de los efectos del envejecimiento; sin embargo, de acuerdo con Haaland et al. (2003) ninguna de las hipótesis revisadas explicaron

adecuadamente este descubrimiento y será necesario contar con más estudios que nos permitan explicar este hecho.

Se ha tratado de determinar si el problema de memoria, observado en población geriátrica, se debe a una falla en la codificación, almacenamiento o evocación. Asumiendo que el porcentaje de recuerdo entre la codificación y la evocación, así como la ejecución en tareas de reconocimiento, son indicativos del almacenamiento de información, se ha propuesto no solo evaluar la codificación y evocación, sino también calcular el porcentaje de recuerdo.

Diversas investigaciones han encontrado que el porcentaje de recuerdo permanece relativamente alto entre los adultos clínicamente normales, incluso en los grupos mayores (Cullum, Butters, Troster y Salmon, 1990; Haaland et al., 2003; Marcopolus, McLain y Guiliani, 1997), dando apoyo a la interpretación de que las diferencias de edad, observadas en la recuperación demorada, pueden reflejar diferencias en la codificación y en la evocación durante la fase de adquisición, más que a una tasa acelerada de olvido en la vejez (Spreen y Strauss, 1998).

Lo anterior se confirma por estudios que brindan a adultos mayores la suficiente práctica para aprender el 90% de la información presentada, y aún tienen poca evidencia de olvido rápido (Rybarczyk, Hart y Harkins, 1987). Este descubrimiento sugiere que aún si se mejora la codificación al mismo nivel de los sujetos jóvenes, los ancianos no muestran evidencia de un olvido más rápido en tareas de reconocimiento.

Las evidencias revisadas aquí, sugieren que el deterioro asociado a la edad está más relacionado con decrementos en la codificación inicial y en la recuperación, más que con el almacenamiento de nueva información. Esto es, el envejecimiento normal comúnmente no produce un olvido más rápido, y la mayoría de la información que inicialmente se codifica, se recuerda después de una demora.

Correlación entre el desarrollo de la memoria y de la actividad cerebral

Al igual que en el caso de la atención, el uso de técnicas de neuroimagen ha permitido recientemente estudiar la relación entre el desarrollo de la memoria y del cerebro. A continuación se citan algunos estudios que han brindado información al respecto.

Algunas investigaciones sobre el desarrollo de la memoria de trabajo han señalado la participación de la corteza prefrontal y parietal. Thomas et al. (1999) analizaron el desarrollo de la memoria de trabajo espacial en niños y adultos. Los resultados sugirieron que la tarea activó regiones corticales similares entre niños y adultos (circunvolución frontal superior derecha, corteza prefrontal dorsolateral derecha, corteza parietal superior derecha y corteza parietal inferior bilateral). Además, se encontró una tendencia a que los niños tuvieran un mayor volumen de activación prefrontal que los adultos y a que los adultos tuvieran mayores volúmenes de activación en el área parietal. De acuerdo con los autores estas variaciones en los patrones de actividad pueden reflejar una maduración de regiones corticales y diferencias estratégicas en la ejecución de la tarea de memoria de trabajo. Sowell, Delis, Stiles y Jernigan (2001) correlacionaron imágenes de resonancia magnética con la ejecución de niños y adolescentes en pruebas de memoria de una lista de palabras y de la figura de Rey-Osterreith. Encontraron una disminución del volumen de la materia gris en el lóbulo frontal a medida que aumentaba la edad. La disminución del volumen de la materia gris del lóbulo frontal fue el mejor predictor del funcionamiento de la memoria verbal demorada. De acuerdo con los autores, esta relación entre la maduración de los lóbulos frontales y la evocación demorada puede reflejar el desarrollo de los niños hacia la función de los lóbulos frontales propia de los adultos.

En cuanto a los cambios en la actividad cerebral observados durante el envejecimiento, algunos investigadores han señalado que el deterioro,

consistentemente descrito en funciones de memoria, está asociado a la disminución de actividad en algunas regiones y al aumento en otras. Por ejemplo, Reuter-Lorenz, Jonides y Smith (2000) estudiaron la memoria de trabajo verbal y espacial en adultos jóvenes y adultos mayores. Los jóvenes tuvieron una mejor ejecución en ambas tareas. Además, se encontró una organización diferencial entre los grupos de sujetos. En los adultos jóvenes la activación frontal estuvo principalmente lateralizada hacia el hemisferio izquierdo para la memoria de trabajo verbal y hacia el derecho para la espacial. En los adultos mayores se encontró una activación anterior bilateral para ambas modalidades. No se encontraron diferencias relacionadas con la edad en las regiones posteriores de la memoria de trabajo (activación del hemisferio izquierdo para la tarea verbal y bilateral para la espacial en ambos grupos). Por lo tanto, los autores sugirieron que 1) los efectos del envejecimiento en el sustrato neuronal de la memoria de trabajo son selectivos afectando los componentes frontales y no los posteriores, y 2) la disminución en la lateralización anterior en los adultos mayores puede ser un mecanismo compensatorio que refleja el reclutamiento de regiones cerebrales para mejorar la ejecución en la tarea.

Un ejemplo adicional que podría apoyar la idea del establecimiento de un mecanismo compensatorio, mediante un reclutamiento adicional de regiones cerebrales, es el estudio de Cabeza, Anderson, Houle, Mangels y Nyberg (2000). Dichos investigadores analizaron la actividad cerebral asociada al reconocimiento de una lista de palabras previamente presentada y a la estimación del orden temporal de esa presentación. Encontraron que un grupo de adultos jóvenes activaron en mayor grado las regiones prefrontales derechas durante la recuperación del orden temporal que durante el reconocimiento, mientras que los adultos mayores mostraron activaciones más débiles que los jóvenes en la corteza prefrontal derecha, pero más fuertes en la izquierda. Durante el reconocimiento se encontró una actividad temporal ventromedial que permaneció relativamente conservada durante el envejecimiento. Estos resultados son consistentes con la

hipótesis de que las deficiencias en la memoria de contexto en los adultos mayores se deben a una disfunción frontal.

Así mismo, Madden et al. (1999) midieron la actividad cerebral durante la codificación y recuperación de una tarea de memoria de reconocimiento. Un grupo de adultos jóvenes tuvo una mejor ejecución que uno de adultos mayores. La activación fue mayor para los adultos mayores ubicándose bilateralmente en la corteza prefrontal, mientras que para los jóvenes ocurrió principalmente en la corteza prefrontal derecha. Los autores reportaron que el sistema neuronal que media la evocación de memoria está más ampliamente distribuido en los adultos mayores que en los jóvenes.

Algunos estudios se han enfocado en describir cambios del volumen de materia gris asociados al funcionamiento de la memoria y de las funciones ejecutivas durante el envejecimiento. Estos estudios han descrito una disminución de la materia gris con variaciones regionales: la mayor disminución se ha encontrado en los lóbulos frontal y temporal y ha sido prácticamente imperceptible en el lóbulo occipital (Van Petten et al., 2004). La ejecución en tareas de memoria y de funciones ejecutivas, afectada durante el envejecimiento, se ha relacionado de manera negativa con el volumen de la materia gris en el giro frontal medio, y en regiones de la neocorteza temporal (una mejor ejecución estuvo relacionada con menores volúmenes). Una posible explicación planteada es que hay un proceso de poda neuronal prolongado. Otra opción es que en poblaciones de adultos mayores las variaciones en la memoria pueden estar determinadas por diferencias pre-existentes, más que por distintos grados de deterioro relacionado con la edad.

III. MÉTODO

Justificación

Los estudios sobre el “desarrollo” de la atención y la memoria se han realizado con la participación de grupos de personas de diferentes edades, niños, adultos o ancianos. Los estudios más amplios han incluido la ejecución de algunos grupos de niños y adultos o de adultos y ancianos, pero hasta donde el autor tiene conocimiento, el análisis del desarrollo de la atención y la memoria desde la niñez hasta la vejez es prácticamente nulo. Algunos estudios han sugerido que las características neurobiológicas observadas en las personas en los primeros y últimos años de la vida, a pesar de tener una naturaleza diferente (por ejemplo, maduración cerebral en los niños y pérdida neuronal en los ancianos), están asociadas con efectos cognoscitivos similares (Hale, Bronik y Fry, 1997). Pero, dada la carencia de estudios que incluyan en un solo proyecto a niños y ancianos y la heterogeneidad de las tareas que se han empleado, por el momento es difícil determinar con precisión las semejanzas o diferencias, tanto cuantitativas como cualitativas, en la ejecución de estas personas en tareas cognoscitivas.

El desarrollo conductual es un proceso que dura toda la vida. Los cambios en la conducta que podrían describirse como parte del desarrollo, pueden ocurrir en cualquier punto de la vida, desde la concepción hasta la muerte. Estos cambios en la conducta difieren, por ejemplo, en términos del momento de su inicio o el momento de su terminación (Baltes, 1987). Por lo tanto, al estudiar rangos reducidos de edad se limita la comprensión de las constancias y cambios característicos del desarrollo, lo cual incluye limitaciones en el conocimiento sobre la edad a la cual se adquieren o se deterioran distintas funciones cognoscitivas.

Los procesos cognoscitivos involucran un patrón complejo de modificaciones a lo largo de la vida, donde algunos aspectos exhiben un cambio significativo y otros

permanecen estables (Plude et al., 1994). Además, probablemente no todos los componentes dentro de un mismo proceso se desarrollan de la misma manera. Sin embargo, hasta la fecha no contamos con datos que nos permitan comparar cómo es que se desarrollan varios componentes dentro de un mismo proceso, ya que la mayoría de los estudios incluye medidas de uno de los componentes que forman un proceso. En el caso de la memoria, por ejemplo, algunas investigaciones han tratado de determinar si los componentes verbales y visoespaciales de la memoria están presentes en los niños pequeños y a lo largo de la vida se vuelven más eficientes o si emergen a diferentes edades. A pesar de que existe evidencia que sugiere que la memoria verbal y visoespacial maduran en diferentes momentos (Schneider y Pressley, 1997), los estudios sobre el desarrollo de la memoria han estado enfocados principalmente en medidas con componentes importantes de la memoria verbal y existen pocos estudios que hayan comparado directamente el desarrollo de la capacidad o extensión de la memoria de tipo verbal y de tipo visoespacial.

Los estudios sobre el desarrollo de la memoria muestran, de manera muy general, que a lo largo de la vida existen fluctuaciones de la capacidad para procesar, almacenar y evocar información. A lo largo de la vida, además, los recursos disponibles y las estrategias empleadas por las personas parecen no ser los mismos (Bjorklund y Harnishfeger, 1987). Existe una controversia en cuanto a si la mejoría en la ejecución de pruebas de memoria se debe a un aumento de la capacidad del almacén a corto plazo (Pascual-Leone, 1970), o es el resultado de un aumento de la eficacia con la que se pueden realizar las operaciones cognoscitivas (Bjorklund y Harnishfeger, 1987; DeMarie y Ferron, 2002). La interacción entre el uso de estrategias en el procesamiento de información y la capacidad de memoria es, por lo tanto, otro aspecto teórico relevante para ser estudiado.

Las características de los procesos cognoscitivos asociadas con cambios en la edad son interesantes por si mismas, pero es el estudio de la relación entre las

habilidades cognoscitivas el que finalmente les da a estas características un significado completo. El estudio de las interacciones entre la atención y la memoria a lo largo del desarrollo puede darnos una mejor explicación del funcionamiento de estos dos procesos. Se ha sugerido que los mecanismos necesarios para enfocar la atención, resistir la interferencia de estímulos ambientales irrelevantes e inhibir pensamientos y conductas inapropiadas para una tarea juegan un papel importante en la memoria (Bjorklund, 1995). Dado que la habilidad para inhibir información irrelevante es un mecanismo que subyace a muchos de los cambios cognoscitivos asociados con el desarrollo en la infancia y con el envejecimiento (Dempster, 1992), es de esperarse que las variaciones en la capacidad de enfocar la atención y/o de inhibir aspectos irrelevantes o conductas inapropiadas observadas a lo largo del desarrollo, estén asociadas a variaciones en la memoria.

Desde una perspectiva clínica, los procesos de atención y memoria se encuentran frecuentemente alterados en diversas patologías en niños, adultos y ancianos. Para manejar apropiadamente a estas poblaciones y realizar un diagnóstico diferencial es necesario contar con datos confiables sobre la ontogenia de las funciones cognoscitivas en condiciones normales. Así mismo, los métodos educativos dependen del conocimiento de las capacidades de las personas en diferentes etapas de su vida. La evaluación de las habilidades cognoscitivas en condiciones normales provee un método crucial para comprender las dificultades en el aprendizaje de personas que sufren de algún tipo de alteración cognoscitiva y para plantear métodos efectivos de rehabilitación.

Objetivo general

El objetivo general fue realizar un estudio transversal sobre la constancia y el cambio, asociados a la edad, en respuesta a una batería para evaluar atención y memoria.

Objetivos específicos

Determinar el efecto de la edad sobre la atención selectiva y control atencional (inhibición de respuestas y flexibilidad).

Comparar el desarrollo de la atención selectiva y de la atención selectiva-control atencional.

Comparar el desarrollo de la modalidad auditivo-verbal y visoespacial-no verbal en la extensión de memoria y en la memoria de trabajo.

Determinar el efecto de la edad sobre la memoria episódica (aspectos auditivo-verbales y visoespaciales no verbales en etapas de codificación y evocación de información).

Determinar el efecto de la edad sobre los porcentajes de evocación de información auditivo-verbal y visoespacial no verbal.

Comparar el desarrollo de la codificación y evocación de palabras aisladas y palabras asociadas.

Detectar el empleo de estrategias de memoria (organización primaria o serial y organización secundaria o semántica) durante el desarrollo.

Determinar el efecto de la edad sobre la primacia y recencia.

Hipótesis de investigación

H₁. Existen cambios dependientes de la edad en la atención selectiva y control atencional (inhibición de respuestas y flexibilidad).

H₂. Existen diferencias entre el desarrollo de la atención selectiva y de la atención selectiva-control atencional.

H₃. Existen diferencias en el desarrollo de la modalidad auditivo-verbal y visoespacial-no verbal en la extensión de memoria y en la memoria de trabajo.

H₄. Existen cambios dependientes de la edad en la memoria episódica (aspectos auditivo-verbales y visoespaciales no verbales en etapas de codificación y evocación de información).

H₅. Existen cambios dependientes de la edad en los porcentajes de evocación de información auditivo-verbal y visoespacial no verbal.

H₆. Existen diferencias entre el desarrollo de la codificación y evocación de palabras aisladas y de palabras asociadas.

H₇. Existen cambios dependientes de la edad en el uso de estrategias de memoria (organización primaria o serial y organización secundaria o semántica).

H₈. Existen cambios dependientes de la edad en la primacia y recencia.

Preguntas de investigación

- ¿Existen diferencias asociadas a la edad en la atención selectiva?
- ¿Existen diferencias asociadas a la edad en la atención selectiva-control atencional (conflicto o inhibición de respuestas)?
- ¿Difiere el desarrollo de la atención selectiva y la atención selectiva-control atencional (conflicto o inhibición de respuestas)?
- ¿Existen diferencias asociadas a la edad en el control atencional (flexibilidad)?
- ¿Difiere el desarrollo de las modalidades auditivo-verbal y visoespacial-no verbal en la capacidad de atención-extensión de memoria? ¿Difiere el desarrollo de las modalidades auditivo-verbal y visoespacial-no verbal en la memoria de trabajo?
- ¿Existen diferencias asociadas a la edad en la codificación y evocación de material de tipo visoespacial?
- ¿Existen diferencias asociadas a la edad en la codificación y evocación de material de tipo verbal?
- ¿Existen diferencias asociadas a la edad en los porcentajes de evocación?
- ¿Difiere el desarrollo de la codificación y evocación de palabras aisladas versus palabras asociadas?
- ¿Existen diferencias asociadas a la edad en las estrategias empleadas en la codificación de información?
- ¿Existen diferencias asociadas a la edad en los efectos de primacía y recencia?.
- ¿Existen diferencias asociadas a la edad en la recuperación de material verbal (libre, por claves y por reconocimiento)?

Definición de variables

Variable independiente: edad de los sujetos.

Variables dependientes: mediciones de los tipos de atención y memoria evaluados.

Sujetos

Criterios de inclusión

No tener antecedentes de alteraciones neurológicas ni psiquiátricas de acuerdo a una historia clínica.

No tener antecedentes de alcoholismo ni fármaco dependencia.

No tener limitaciones físicas que impidieran ejecución en pruebas.

Tener una agudeza visual y auditiva normal o corregida.

Niños. Sin antecedentes de repetición escolar.
Promedio escolar mínimo de ocho.

Adultos. Funcionalmente independientes.
Pareados por nivel de escolaridad.

Se estudió a un grupo de 240 sujetos, que cumplieron con los criterios de inclusión arriba descritos, y que tuvieron un rango de edad entre los 6 y los 75 años. Con el fin de identificar a los grupos de sujetos que tenían una ejecución homogénea en las pruebas evaluadas, se utilizó el procedimiento de Tukey Honestly Significant

Difference Test. La muestra quedó conformada por 8 grupos de sujetos, con los rangos de edad y escolaridad abajo descritos:

Rangos de edad	N	Edad (años)		Escolaridad (años)	
		Media	D. S.	Media	D. S.
6 – 7	30	6.5	0.51	1.17	0.46
8 – 11	30	9.5	1.11	3.87	1.22
12 – 15	30	13.47	1.07	7.53	1.63
16 – 30	33	23.09	4.34	11.09	2.74
31 – 45	33	37.94	4.44	11.18	3.82
46 – 55	28	50.56	2.69	10.44	3.16
56 – 65	29	59.89	3.01	11.29	3.74
66 – 75	27	70.30	2.51	9.39	3.15

Material

Se seleccionó un conjunto de pruebas neuropsicológicas que han sido ampliamente utilizadas y que han mostrado tener bases teóricas y experimentales válidas para medir la atención y la memoria, así como validez de constructo (Lezak, 1995). Además, los ítems fueron diseñados y adaptados para población hispanohablante, por ejemplo, los estímulos visuales se tomaron de una estandarización hecha en población hispanohablante (Aveleyra, Gómez, Ostrosky-Solís, Rigalt, y Cruz, 1996) donde se obtuvieron datos como el grado de imaginación y de denominación y se seleccionaron aquellos estímulos visuales que tuvieran un alto grado de denominación y que representaran la imagen que los sujetos tenían sobre el concepto (Ostrosky-Solís et al., 2003).

Se evaluaron áreas de atención y memoria con las siguientes pruebas:

Área	Prueba
Atención selectiva-sostenida	Detección visual
Atención selectiva – control atencional (conflicto o inhibición de respuestas)	Stroop
Control atencional (flexibilidad)	Formación de categorías
	Fluidez verbal y no verbal
Extensión de memoria – capacidad de atención	Retención dígitos progresión
	Cubos Corsi progresión
Memoria de trabajo	Retención dígitos regresión
	Cubos Corsi regresión
Codificación de información	Lista de palabras
	Estrategias de organización: serial y por categorías
	Primacia y recencia
	Pares asociados (no asociación, asociación fonológica o semántica)
	Memoria lógica (historias)
Evocación de información	Figura Rey-Osterreith
	Lista de palabras (Libre, clave, reconocimiento)
	Pares asociados (no asociación, asociación fonológica o semántica)
	Memoria lógica (historias)
	Figura Rey-Osterreith

Procedimiento

Se aplicó a los sujetos, en sesiones individuales, la batería de pruebas diseñada.

Análisis estadístico

Se aplicó un análisis de varianza ANOVA para analizar el desarrollo de las dimensiones de atención y memoria evaluadas. En aquellas pruebas donde se encontró un efecto de la edad se examinaron las diferencias entre grupos mediante una prueba Tukey. La significancia estadística de los efectos para las escalas individuales se determinó utilizando un valor de p con corrección de bonferroni (0.006).

Se aplicó un análisis de contrastes para determinar si las funciones cognitivas evaluadas incrementan con la edad (mostrando una relación lineal positiva), disminuyen con la edad (mostrando una relación lineal negativa), o si primero incrementan y después disminuyen (mostrando una relación cuadrática) (Rosenthal y Rosnow, 1985).

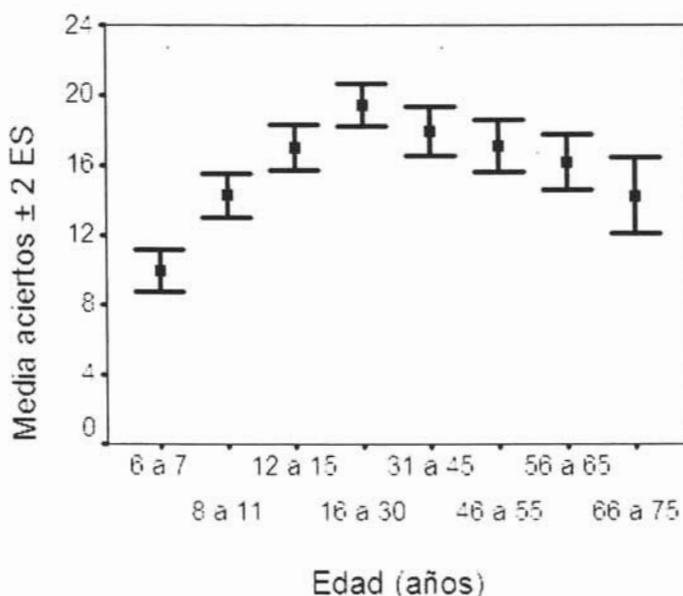
Se aplicaron pruebas T para evaluar las diferencias entre pruebas, en cada rango de edad, utilizando una $p \leq 0.01$ con el fin de evitar el error tipo I, debido a las múltiples comparaciones hechas.

IV. RESULTADOS

¿Existen diferencias asociadas a la edad en la atención selectiva?

Se encontró un efecto significativo de la edad en la detección visual ($F_{(7, 222)}=17.324$, $p=0.000$) (figura 1). El grupo de 16 a 30 años fue el que obtuvo el mayor número de aciertos en esta prueba (Media=19.48, D. S.=3.474). Las comparaciones a posteriori (corrección de Bonferroni $p\leq 0.006$) no indicaron diferencias entre los 16 y los 65 años de edad. El grupo de 6 a 7 años tuvo menos aciertos que los grupos de 8 a 75 años, el grupo de 8 a 11 años tuvo menos aciertos que los grupos de 12 a 45 años, el grupo de 12 a 15 años tuvo menos aciertos que el de 16 a 30 y el grupo de 66 a 75 años tuvo menos aciertos que el de 16 a 30. La varianza entre grupos quedó explicada en un 17% por un componente lineal ($F_{(1, 222)}=18.184$, $p=0.000$) y en un 77% por uno cuadrático ($F_{(1, 222)}=12.252$, $p=0.001$).

Figura 1. Promedio de aciertos de cada grupo de edad en la prueba de detección visual.



¿Existen diferencias asociadas a la edad en la atención selectiva-control atencional (conflicto o inhibición de respuestas)?

Stroop. La prueba de Stroop fue analizada desde los 8 hasta los 75 años de edad.

No se encontraron efectos de la edad en el número de errores cometidos durante las subtareas de la prueba de Stroop.

Lectura. Se encontró un efecto significativo de la edad en el tiempo de lectura de la primera lámina del Stroop ($F_{(6, 166)}=7.147, p=0.000$) (figura 2). El grupo de 31 a 45 años fue el que realizó la tarea en menor tiempo (Media=15.50, D. S.=3.105). Las comparaciones a posteriori (corrección de Bonferroni $p\leq 0.006$) no indicaron diferencias entre los 12 y los 65 años de edad. Los grupos de 8 a 11 y de 66 a 75 años realizaron la tarea en mayor tiempo que los grupos de 16 a 45 años. La varianza entre grupos quedó explicada en un 80% por un componente cuadrático ($F_{(1, 166)}=34.505, p=0.000$). El componente lineal no fue significativo.

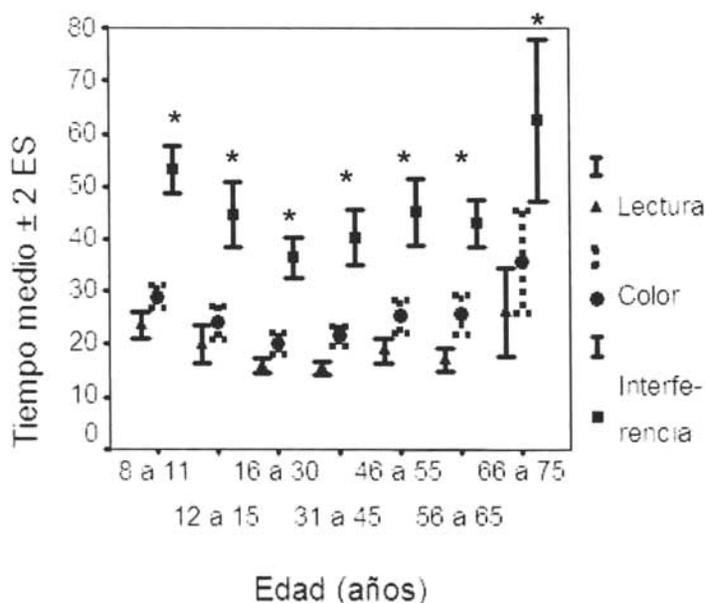
Denominación de colores (tiempo). Se encontró un efecto significativo de la edad en el tiempo de denominación de colores ($F_{(6, 166)}=7.956, p=0.000$) (figura 2). El grupo de 16 a 30 años fue el que realizó la tarea en el menor tiempo (Media=20.06, D. S.=5.593). Las comparaciones a posteriori (corrección de Bonferroni $p\leq 0.006$) no indicaron diferencias entre los 12 y los 65 años de edad. El grupo de 8 a 11 años realizó la tarea en mayor tiempo que el grupo de 16 a 30 años, el grupo de 66 a 75 años realizó la tarea en mayor tiempo que los grupos de 12 a 45 años. La varianza entre grupos quedó explicada en un 86% por un componente cuadrático ($F_{(1, 166)}=41.222, p=0.000$). El componente lineal no fue significativo.

Interferencia (tiempo). Se encontró un efecto significativo de la edad en el tiempo de denominación del color de palabras incongruentes ($F_{(6, 166)}=6.567$, $p=0.000$) (figura 2). El grupo de 16 a 30 años fue el que realizó la tarea en el menor tiempo (Media=36.44, D. S.=10.940). Las comparaciones a posteriori (corrección de Bonferroni $p \leq 0.006$) no indicaron diferencias entre los 12 y los 65 años de edad. El grupo de 8 a 11 años realizó la tarea en mayor tiempo que los grupos de 16 a 45 años y el grupo de 66 a 75 años realizó la tarea en mayor tiempo que los grupos de 16 a 45 y 56 a 65 años. La varianza entre grupos quedó explicada en un 83% por un componente cuadrático ($F_{(1, 166)}=32.594$, $p=0.000$). El componente lineal no fue significativo.

Lectura – interferencia (tiempo). El tiempo de ejecución en la tarea de lectura fue menor que en la tarea de interferencia en todos los rangos de edad (6 a 7 años $t_{(21)}=-7.596$, $p=0.000$; 8 a 11 años $t_{(26)}=-16.057$, $p=0.000$; 12 a 15 años $t_{(27)}=-13.337$, $p=0.000$; 16 a 30 años $t_{(31)}=-10.601$, $p=0.000$; 31 a 45 años $t_{(29)}=-9.504$, $p=0.000$; 46 a 55 años $t_{(24)}=-9.706$, $p=0.000$; 56 a 65 años $t_{(19)}=-14.499$, $p=0.000$ y 66 a 75 años $t_{(10)}=-8.720$, $p=0.000$).

Color – interferencia (tiempo). El tiempo de ejecución en la tarea de denominación de colores fue menor que en la tarea de interferencia en todos los rangos de edad (6 a 7 años $t_{(21)}=-9.042$, $p=0.000$; 8 a 11 años $t_{(26)}=-12.288$, $p=0.000$; 12 a 15 años $t_{(27)}=-10.369$, $p=0.000$; 16 a 30 años $t_{(31)}=-12.423$, $p=0.000$; 31 a 45 años $t_{(29)}=-8.133$, $p=0.000$; 46 a 55 años $t_{(24)}=-7.761$, $p=0.000$; 56 a 65 años $t_{(19)}=-10.961$, $p=0.000$ y 66 a 75 años $t_{(10)}=-8.602$, $p=0.000$).

Figura 2. Tiempo promedio de ejecución de cada rango de edad en las subpruebas de lectura, denominación de colores e interferencia de la prueba de Stroop. Con * se marcan los rangos de edad con diferencias ($p < 0.001$) entre el tiempo en la tarea de interferencia y las tareas de lectura y denominación de color.

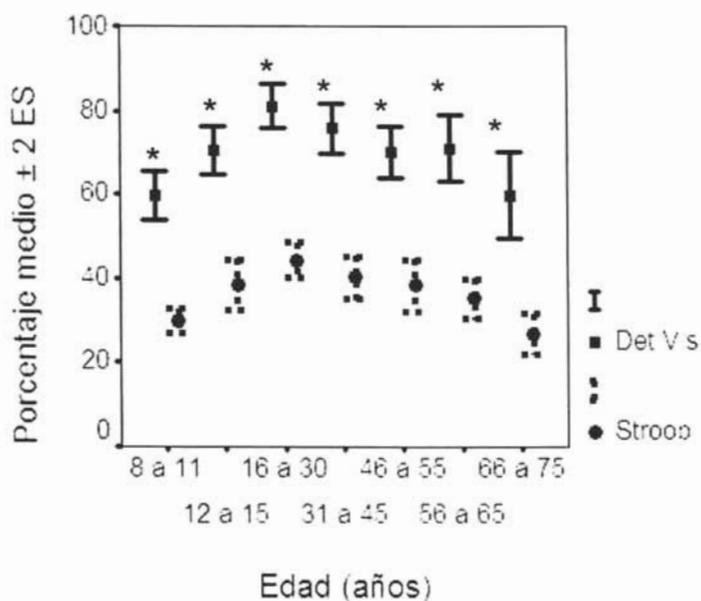


¿Difiere el desarrollo de la atención selectiva y la atención selectiva-control atencional (conflicto o inhibición de respuestas)?

Se comparó el desarrollo de la ejecución de los sujetos en dos tareas de atención: detección visual, que se ha empleado para medir atención selectiva y la prueba de Stroop, que se ha empleado para medir, además de atención selectiva, aspectos de control atencional. Con el fin de hacer comparables a las dos tareas en cuanto a la escala empleada, se calculó el porcentaje de ejecución de cada sujeto respecto a la puntuación máxima alcanzada en las pruebas.

El análisis mostró que la ejecución en la tarea de detección visual fue superior a la de la tarea de interferencia de Stroop en todos los rangos de edad (figura 3) (8 a 11 años $t_{(26)}=10.959$, $p=0.000$; 12 a 15 años $t_{(27)}=10.431$, $p=0.000$; 16 a 30 años $t_{(31)}=14.538$, $p=0.000$; 31 a 45 años $t_{(30)}=9.705$, $p=0.000$; 46 a 55 años $t_{(23)}=9.199$, $p=0.000$; 56 a 65 años $t_{(20)}=8.077$, $p=0.000$ y 66 a 75 años $t_{(10)}=7.583$, $p=0.000$).

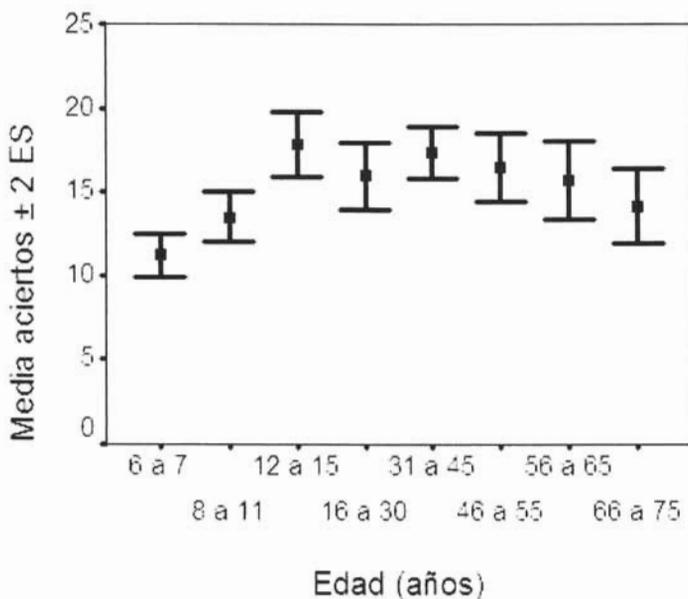
Figura 3. Porcentaje de ejecución de cada rango de edad en las pruebas de detección visual e interferencia de Stroop. Con * se marcan los rangos de edad con diferencias ($p \leq 0.001$) entre las dos tareas.



¿Existen diferencias asociadas a la edad en el control atencional (flexibilidad)?

Formación de categorías. Se encontró un efecto significativo de la edad en la formación de categorías ($F_{(7, 221)}=5.639$, $p=0.000$) (figura 4). El grupo de 12 a 15 años fue el que obtuvo el mayor número de aciertos en esta prueba (Media=17.83, D. S.=5.100). Las comparaciones a posteriori (corrección de Bonferroni $p\leq 0.006$) no indicaron diferencias entre los 12 y los 75 años de edad. El grupo de 6 a 7 años tuvo menos aciertos que los grupos de 12 a 55 años y el grupo de 8 a 11 años tuvo menos aciertos que el grupo de 12 a 15 años. La varianza entre grupos quedó explicada en un 17% por un componente lineal ($F_{(1, 221)}=6.747$, $p=0.010$) y en un 67% por uno cuadrático ($F_{(1, 221)}=26.324$, $p=0.000$).

Figura 4. Promedio del número de categorías formadas en cada rango de edad.



Fluidez

Fluidez verbal semántica. Se encontró un efecto significativo de la edad en la fluidez verbal semántica ($F_{(7, 192)}=11.530$, $p=0.000$) (figura 5). El grupo de 31 a 45 años fue el que obtuvo el mayor número de aciertos en esta prueba (Media=22.21, D. S.=5.578). Las comparaciones a posteriori (corrección de Bonferroni $p\leq 0.006$) no indicaron diferencias entre los 16 y los 65 años de edad. El grupo de 6 a 7 años tuvo menos aciertos que los grupos de 12 a 65 años, el grupo de 8 a 11 años tuvo menos aciertos que los grupos de 16 a 65 años, el grupo de 12 a 15 años tuvo menos aciertos que el grupo de 31 a 45 años y el grupo de 66 a 75 años tuvo menos aciertos que los grupos de 16 a 65 años. La varianza entre grupos quedó explicada en un 28% por un componente lineal ($F_{(1, 192)}=22.713$, $p=0.000$) y en un 63% por uno cuadrático ($F_{(1, 192)}=50.786$, $p=0.000$).

Fluidez verbal fonológica. Se encontró un efecto significativo de la edad en la fluidez verbal fonológica ($F_{(7, 191)}=14.102$, $p=0.000$) (figura 5). El grupo de 31 a 45 años fue el que obtuvo el mayor número de aciertos en esta prueba (Media=17.25, D. S.=4.174). Las comparaciones a posteriori (corrección de Bonferroni $p\leq 0.006$) no indicaron diferencias entre los 12 y los 45 años de edad. Los grupos de 6 a 7 y de 8 a 11 años tuvieron menos aciertos que los grupos de 12 a 65 años, y los grupos de 46 a 75 años tuvieron menos aciertos que el de 31 a 45. La varianza entre grupos quedó explicada en un 22% por un componente lineal ($F_{(1, 191)}=21.421$, $p=0.000$) y en un 71% por uno cuadrático ($F_{(1, 191)}=70.101$, $p=0.000$).

Fluidez no verbal. Se encontró un efecto significativo de la edad en la fluidez no verbal ($F_{(7, 194)}=6.592$, $p=0.000$) (figura 5). El grupo de 12 a 15 años fue el que obtuvo el mayor número de aciertos en esta prueba (Media=14.39, D. S.=5.928). Las comparaciones a posteriori (corrección de Bonferroni $p\leq 0.006$) no indicaron diferencias entre los 12 y los 75 años de edad. El grupo de 6 a 7 años tuvo menos aciertos que los grupos de 8 a 65 años, el grupo de 8 a 11 años tuvo menos aciertos que los grupos de 12 a 65 años y el grupo de 66 a 75 años tuvo menos

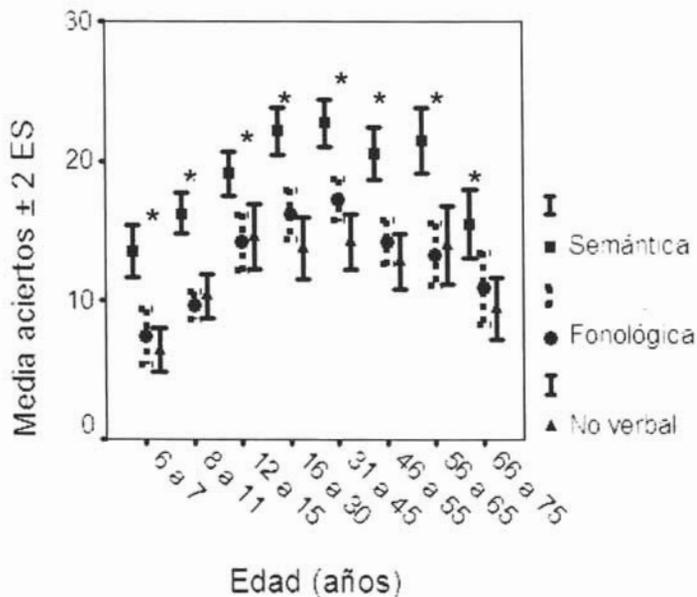
aciertos que los grupos de 12 a 45 años. La varianza entre grupos quedó explicada en un 22% por un componente lineal ($F_{(1, 194)}=10.175, p=0.002$) y en un 64% por uno cuadrático ($F_{(1, 194)}=29.610, p=0.000$).

No se encontraron diferencias entre la fluidez fonológica y la no verbal en ningún rango de edad.

Fluidez verbal semántica y fonológica. El análisis mostró que la ejecución en la tarea de fluidez verbal semántica fue superior a la de la tarea de fluidez verbal fonológica en todos los rangos de edad (figura 5) (6 a 7 años $t_{(20)}=5.137, p=0.000$; 8 a 11 años $t_{(26)}=8.926, p=0.000$; 12 a 15 años $t_{(26)}=6.325, p=0.000$; 16 a 30 años $t_{(31)}=7.358, p=0.000$; 31 a 45 años $t_{(31)}=8.120, p=0.000$; 46 a 55 años $t_{(24)}=6.200, p=0.000$; 56 a 65 años $t_{(22)}=8.733, p=0.000$ y 66 a 75 años $t_{(12)}=3.421, p=0.001$).

Fluidez verbal semántica y fluidez no verbal. El análisis mostró que la ejecución en la tarea de fluidez verbal semántica fue superior a la de la tarea de fluidez no verbal en todos los rangos de edad (figura 5) (6 a 7 años $t_{(20)}=6.201, p=0.000$; 8 a 11 años $t_{(26)}=7.832, p=0.000$; 12 a 15 años $t_{(26)}=3.846, p=0.001$; 16 a 30 años $t_{(31)}=7.270, p=0.000$; 31 a 45 años $t_{(31)}=8.666, p=0.000$; 46 a 55 años $t_{(24)}=7.330, p=0.000$; 56 a 65 años $t_{(22)}=4.902, p=0.000$ y 66 a 75 años $t_{(12)}=4.836, p=0.001$).

Figura 5. Promedio de aciertos de cada grupo de edad en las pruebas de fluidez semántica, fonológica y no verbal. Con * se marcan los rangos de edad con diferencias ($p \leq 0.001$) entre la tarea de fluidez verbal semántica y las tareas de fluidez verbal fonológica y fluidez no verbal.



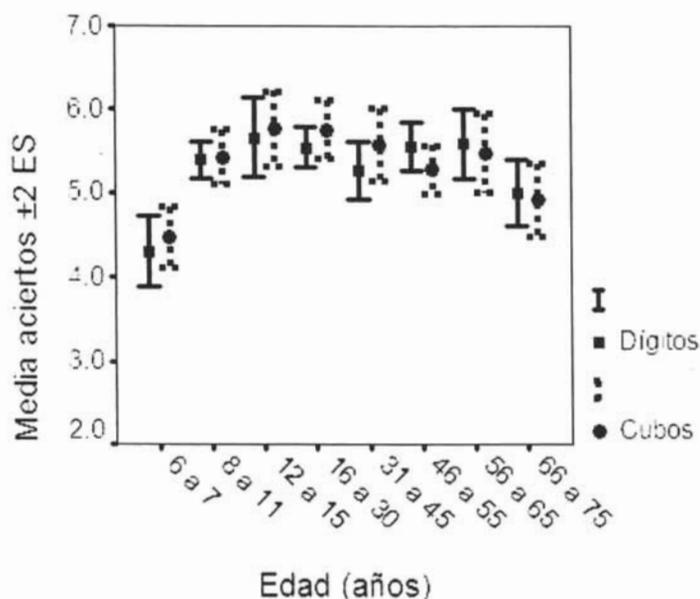
¿Difiere el desarrollo de las modalidades auditivo-verbal y visoespacial-no verbal en la capacidad de atención-extensión de memoria?

Retención de dígitos en progresión. Se encontró un efecto significativo de la edad en la retención de dígitos en progresión ($F_{(7, 224)}=6.560, p=0.000$) (figura 6). El grupo de 12 a 15 años fue el que obtuvo el mayor número de aciertos en esta prueba (Media=5.67, D. S.=1.295). Las comparaciones a posteriori (corrección de Bonferroni $p \leq 0.006$) no indicaron diferencias entre los 8 y los 75 años de edad. El grupo de 6 a 7 años tuvo menos aciertos que los grupos de 8 a 65 años. La varianza entre grupos quedó explicada en un 16% por un componente lineal ($F_{(1, 224)}=7.167, p=0.008$) y en un 49% por uno cuadrático ($F_{(1, 224)}=22.415, p=0.000$).

Cubos de Corsi en progresión. Se encontró un efecto significativo de la edad en los cubos de Corsi en progresión ($F_{(7, 223)}=5.180, p=0.000$) (figura 6). El grupo de 12 a 15 años fue el que obtuvo el mayor número de aciertos en esta prueba (Media=5.77, D. S.=1.223). Las comparaciones a posteriori (corrección de Bonferroni $p \leq 0.006$) no indicaron diferencias entre los 8 y los 65 años de edad. El grupo de 6 a 7 años tuvo menos aciertos que los grupos de 8 a 65 años y el grupo de 66 a 75 años tuvo menos aciertos que los grupos de 12 a 30 años. La varianza entre grupos quedó explicada en un 74% por un componente cuadrático ($F_{(1, 223)}=27.010, p=0.000$). El componente lineal no fue significativo.

No se encontraron diferencias entre la retención de dígitos en progresión y los cubos de Corsi en progresión en ningún rango de edad.

Figura 6. Promedio de aciertos de cada rango de edad en las pruebas de retención de dígitos en progresión y cubos de Corsi en progresión.



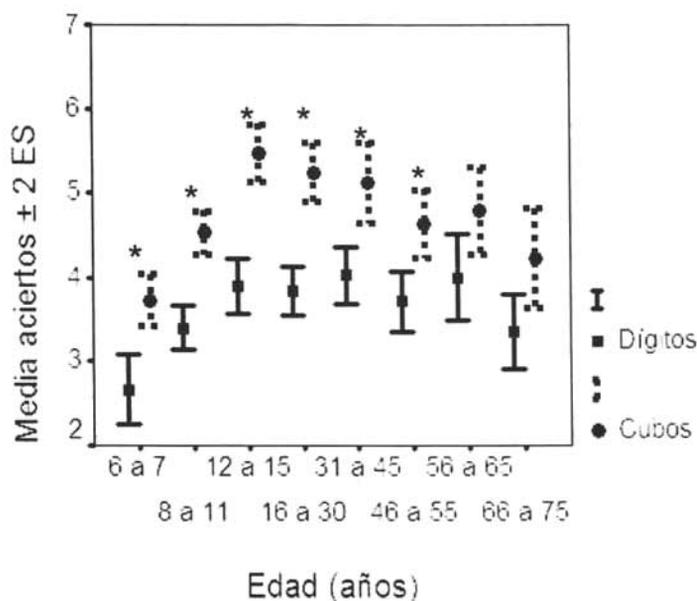
¿Difiere el desarrollo de las modalidades auditivo-verbal y visoespacial-no verbal en la memoria de trabajo?

Retención de dígitos en regresión. Se encontró un efecto significativo de la edad en la retención de dígitos en regresión ($F_{(7, 223)}=6.271, p=0.000$) (figura 7). El grupo de 31 a 45 años fue el que obtuvo el mayor número de aciertos en esta prueba (Media=4.03, D. S.=0.984). Las comparaciones a posteriori (corrección de Bonferroni $p \leq 0.006$) no indicaron diferencias entre los 12 y los 75 años de edad. El grupo de 6 a 7 años tuvo menos aciertos que los grupos de 12 a 65 años, el grupo de los 8 a los 11 años tuvo menos aciertos que el grupo de los 31 a 45 años. La varianza entre grupos quedó explicada en un 28% por un componente lineal ($F_{(1, 223)}=12.227, p=0.001$) y en un 60% por uno cuadrático ($F_{(1, 223)}=26.469, p=0.000$).

Cubos de Corsi en regresión. Se encontró un efecto significativo de la edad en los cubos de Corsi en regresión ($F_{(7, 224)}=8.215$, $p=0.000$) (figura 7). El grupo de 12 a 15 años fue el que obtuvo el mayor número de aciertos en esta prueba (Media=5.47, D. S.=0.937). Las comparaciones a posteriori (corrección de Bonferroni $p\leq 0.006$) no indicaron diferencias entre los 12 y los 65 años de edad. El grupo de 6 a 7 años tuvo menos aciertos que los grupos de 8 a 65 años y los grupos de 8 a 11 años y de 66 a 75 años obtuvieron menos aciertos que los grupos de 12 a 30 años. La varianza entre grupos quedó explicada en un 79% por un componente cuadrático ($F_{(1, 224)}=45.161$, $p=0.000$). El componente lineal no fue significativo.

Se encontraron diferencias entre la memoria de trabajo verbal y viso-espacial de los 6 a los 55 años de edad (6 a 7 años $t_{(29)}=-5.113$, $p=0.000$; 8 a 11 años $t_{(29)}=-6.901$, $p=0.000$; 12 a 15 años $t_{(29)}=-8.251$, $p=0.000$; 16 a 30 años $t_{(32)}=-7.562$, $p=0.000$; 31 a 45 años $t_{(21)}=-4.101$, $p=0.000$ y 46 a 55 años $t_{(24)}=-3.994$, $p=0.001$).

Figura 7. Promedio de aciertos de cada rango de edad en las pruebas de retención de dígitos en regresión y cubos de Corsi en regresión. Con * se marcan los rangos de edad con diferencias ($p \leq 0.001$) entre el número de aciertos en las dos pruebas.



¿Existen diferencias asociadas a la edad en la codificación y evocación de material visoespacial?

Figura Rey-Osterreith. La prueba de Rey-Osterreith se analizó para los sujetos de 8 a 75 años de edad.

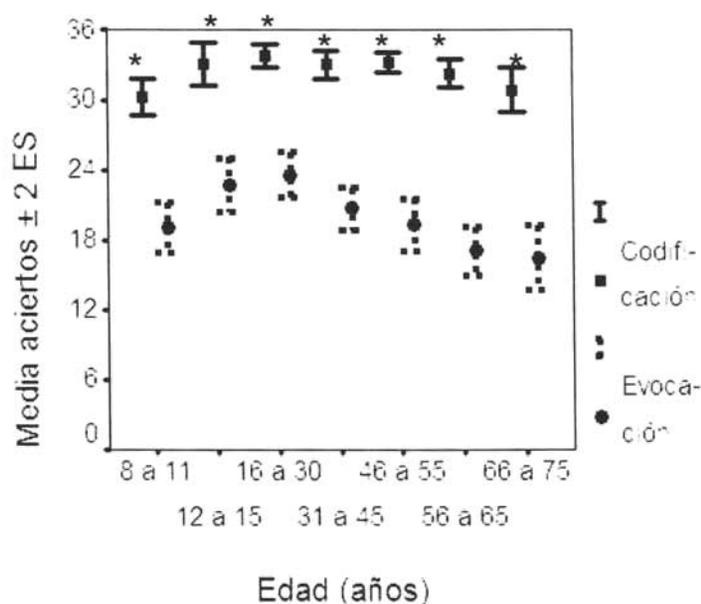
Codificación. Se encontró un efecto significativo de la edad en la codificación de la figura de Rey-Osterreith ($F_{(6, 191)}=3.290, p=0.004$) (figura 8). El grupo de 16 a 30 años fue el que obtuvo el mayor número de aciertos en esta prueba (Media=33.72, D. S.=2.886). Las comparaciones a posteriori (corrección de Bonferroni $p \leq 0.006$) no indicaron diferencias entre los 12 y los 75 años de edad. El grupo de 8 a 11 años tuvo menos aciertos que el grupo de 16 a 30 años. La varianza entre grupos

quedó explicada en un 86% por un componente cuadrático ($F_{(1, 191)}=16.699$, $p=0.000$). El componente lineal no fue significativo.

Evocación. Se encontró un efecto significativo de la edad en la evocación de la figura de Rey-Osterreith $F_{(6, 191)}=3.290$, $p=0.004$ (figura 8). El grupo de 16 a 30 años fue el que obtuvo el mayor número de aciertos en esta prueba (Media=23.62, D. S.=5.643). Las comparaciones a posteriori (corrección de Bonferroni $p \leq 0.006$) no indicaron diferencias entre los 12 y los 45 años de edad. Los grupos de 8 a 11 y de 46 a 55 años tuvieron menos aciertos que el grupo de 16 a 30 años y los grupos de 56 a 75 tuvieron menos aciertos que los grupos de 12 a 30 años. La varianza entre grupos quedó explicada en un 42% por un componente lineal ($F_{(1, 191)}=15.447$, $p=0.000$), y en un 34% por uno cuadrático ($F_{(1, 191)}=12.632$, $p=0.000$).

La codificación de la figura fue mayor que la evocación en todos los rangos de edad analizados (8 a 11 años $t_{(27)}=10.891$, $p=0.000$; 12 a 15 años $t_{(29)}=11.536$, $p=0.000$; 16 a 30 años $t_{(32)}=14.141$, $p=0.000$; 31 a 45 años $t_{(31)}=14.478$, $p=0.000$; 46 a 55 años $t_{(24)}=14.356$, $p=0.000$; 56 a 65 años $t_{(27)}=16.619$, $p=0.000$ y 66 a 75 años $t_{(21)}=10.791$, $p=0.000$).

Figura 8. Promedio de aciertos de cada rango de edad en la codificación y evocación de la figura de Rey Osterreith. Con * se marcan los rangos de edad con diferencias ($p \leq 0.001$) entre las dos tareas.



¿Existen diferencias asociadas a la edad en la codificación y evocación de material verbal?

Palabras

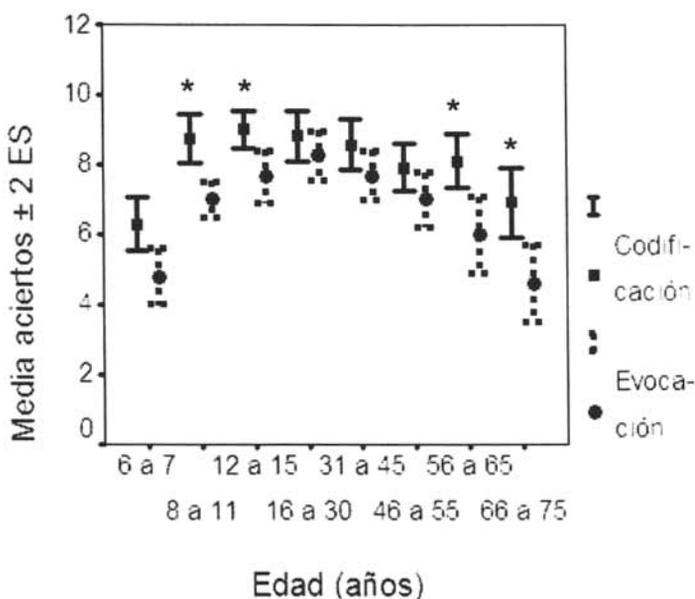
Codificación. Se encontró un efecto significativo de la edad en la codificación de palabras ($F_{(7, 224)}=7.038, p=0.000$) (figura 9). El grupo de 12 a 15 años fue el que obtuvo el mayor número de aciertos en esta prueba (Media=9.00, D. S.=1.462). Las comparaciones a posteriori (corrección de Bonferroni $p \leq 0.006$) no indicaron diferencias entre los 8 y los 65 años de edad. El grupo de 6 a 7 años tuvo menos aciertos que los grupos de 8 a 65 años y el grupo de 66 a 75 años tuvo menos aciertos que los grupos de 8 a 30 años. La varianza entre grupos quedó explicada

en un 73% por un componente cuadrático ($F_{(1, 224)}=35.981$, $p=0.000$). El componente lineal no fue significativo.

Evocación (libre). Se encontró un efecto significativo de la edad en la evocación de la lista de palabras ($F_{(7, 223)}=11.441$, $p=0.000$) (figura 9). El grupo de 16 a 30 años fue el que obtuvo el mayor número de aciertos en esta prueba (Media=8.27, D. S.=1.989). Las comparaciones a posteriori (corrección de Bonferroni $p \leq 0.006$) no indicaron diferencias entre los 8 y los 55 años de edad. El grupo de 6 a 7 años tuvo menos aciertos que los grupos de 8 a 55 años, el grupo de 56 a 65 años tuvo menos aciertos que el grupo de 16 a 30 años, y el grupo de 66 a 75 años tuvo menos aciertos que los grupos de 8 a 55 años. La varianza entre grupos quedó explicada en un 95% por un componente cuadrático ($F_{(1, 223)}=75.764$, $p=0.000$). El componente lineal no fue significativo.

La codificación de la lista de palabras fue mayor que la evocación en los sujetos de 8 a 15 y 56 a 75 años (8 a 11 años $t_{(29)}=5.222$, $p=0.000$; 12 a 15 años $t_{(21)}=5.637$, $p=0.000$; 56 a 65 años $t_{(26)}=5.366$, $p=0.000$ y 66 a 75 años $t_{(22)}=5.014$, $p=0.000$).

Figura 9. Promedio de aciertos de cada rango de edad en la codificación y evocación libre de la lista de palabras. Con * se marcan los rangos de edad con diferencias ($p \leq 0.001$) entre las dos tareas.



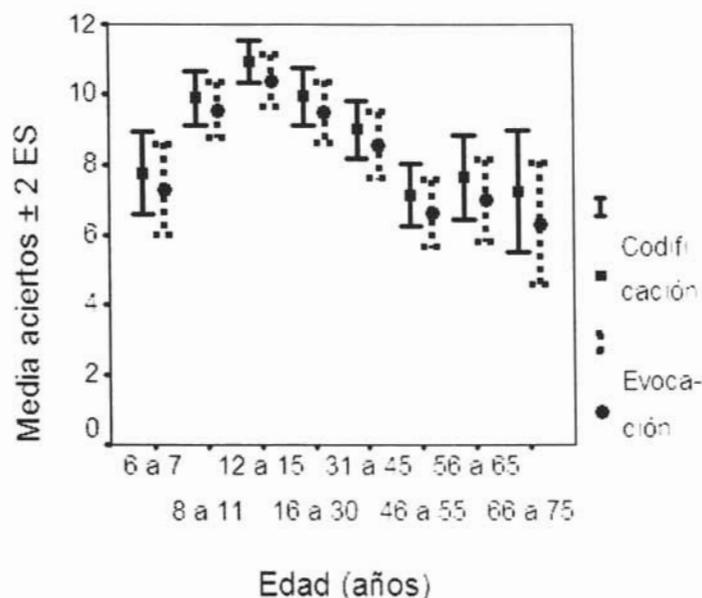
Pares de palabras

Codificación. Se encontró un efecto significativo de la edad en la codificación de pares de palabras ($F_{(7, 194)}=9.119, p=0.000$) (figura 10). El grupo de 12 a 15 años fue el que obtuvo el mayor número de aciertos en esta prueba (Media=10.93, D. S.=1.562). Las comparaciones a posteriori (corrección de Bonferroni $p \leq 0.006$) no indicaron diferencias entre los 8 y los 45 años de edad. Los grupos de 6 a 7 y de 46 a 75 años tuvieron menos aciertos que los grupos de 8 a 30 años, el grupo de 46 a 55 años tuvo menos aciertos que los grupos de 8 a 45 años. La varianza entre grupos quedó explicada en un 27% por un componente lineal ($F_{(1, 194)}=17.527, p=0.000$) y en un 32% por uno cuadrático ($F_{(1, 194)}=20.683, p=0.000$).

Evocación. Se encontró un efecto significativo de la edad en la evocación de la lista de pares de palabras ($F_{(7, 194)}=8.760$, $p=0.000$) (figura 10). El grupo de 12 a 15 años fue el que obtuvo el mayor número de aciertos en esta prueba (Media=10.39, D. S.=1.950). Las comparaciones a posteriori (corrección de Bonferroni $p\leq 0.006$) no indicaron diferencias entre los 8 y los 45 años de edad. Los grupos de 6 a 7 y de 46 a 75 años tuvieron menos aciertos que los grupos de 8 a 30 años, el grupo de 46 a 55 años tuvo menos aciertos que los grupos de 8 a 45 años. La varianza entre grupos quedó explicada en un 32% por un componente lineal ($F_{(1, 194)}=19.733$, $p=0.000$) y en un 35% por un componente cuadrático ($F_{(1, 194)}=21.403$, $p=0.000$).

No se encontraron diferencias entre la codificación de la lista de pares de palabras y la evocación en ningún rango de edad.

Figura 10. Promedio de aciertos de cada rango de edad en la codificación y evocación de la lista de pares palabras.



Tipo de asociación de los pares de palabras asociadas. Codificación.

Se analizó la codificación de los pares de palabras en base a si las palabras no tenían una asociación clara (por ejemplo "elefante-vidrio"), tenían una asociación de tipo fonológico (por ejemplo "camión-melón") o una asociación de tipo semántico (por ejemplo "fruta-uva").

No asociación. Se encontró un efecto significativo de la edad en la codificación de pares de palabras que no tuvieron una asociación clara ($F_{(7, 194)}=8.128$, $p=0.000$) (figura 11). El grupo de 12 a 15 años fue el que obtuvo el mayor número de aciertos en esta prueba (Media=3.46, D. S.=0.962). Las comparaciones a posteriori (corrección de Bonferroni $p \leq 0.006$) no indicaron diferencias entre los 8 y los 45 años de edad. Los grupos de 6 a 7 y de 46 a 75 años tuvieron menos aciertos que los grupos de 8 a 30 años. La varianza entre grupos quedó explicada

en un 26% por un componente lineal ($F_{(1, 194)}=14.654$, $p=0.000$), y en un 22% por uno cuadrático ($F_{(1, 194)}=12.288$, $p=0.001$).

Asociación fonológica. Se encontró un efecto de la edad en la codificación de pares de palabras con una asociación de tipo fonológico ($F_{(7, 194)}=6.535$, $p=0.000$) (figura 11). El grupo de 12 a 15 años fue el que obtuvo el mayor número de aciertos en esta prueba (Media=3.57, D. S.=0.790). Las comparaciones a posteriori (corrección de Bonferroni $p\leq 0.006$) no indicaron diferencias entre los 8 y los 45 años de edad. El grupo de 6 a 7 años tuvo menos aciertos que el grupo de 12 a 15 años, los grupos de 46 a 75 años tuvieron menos aciertos que los grupos de 8 a 15 años, el grupo de 46 a 55 años tuvo menos aciertos que los grupos de 8 a 45 años. La varianza entre grupos quedó explicada en un 35% por un componente lineal ($F_{(1, 194)}=15.817$, $p=0.000$) y en un 40% por un componente cuadrático ($F_{(1, 194)}=18.241$, $p=0.000$).

Asociación semántica. Se encontró un efecto de la edad en la codificación de pares de palabras con una asociación de tipo semántico ($F_{(7, 194)}=3.021$, $p=0.005$) (figura 11). El grupo de 12 a 15 años fue el que obtuvo el mayor número de aciertos en esta prueba (Media=3.86, D. S.=0.448). Las comparaciones a posteriori (corrección de Bonferroni $p\leq 0.006$) no indicaron diferencias entre los 8 y los 75 años de edad. El grupo de 6 a 7 años tuvo menos aciertos que el grupo de 12 a 15 años. La varianza entre grupos quedó explicada en un 40% por un componente cuadrático ($F_{(1, 194)}=8.521$, $p=0.004$). El componente lineal no fue significativo.

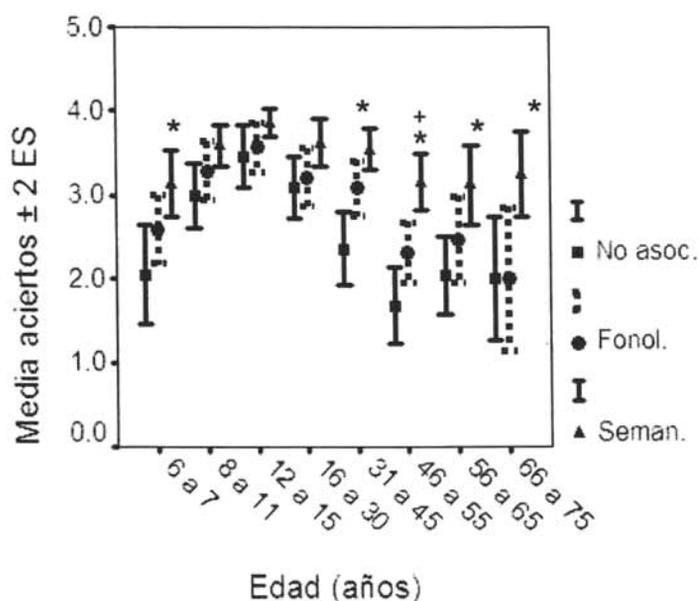
La codificación de palabras con asociación semántica fue mayor que la de palabras sin asociación o con asociación fonológica en diversos grupos de edad.

Asociación semántica - No asociación. La codificación de pares de palabras con asociación semántica fue mayor que la de pares de palabras sin asociación clara en los grupos de 6 a 7 y 31 a 75 años (6 a 7 años $t_{(21)}=-4.157$, $p=0.000$; 31 a

45 años $t_{(32)}=-6.695$, $p=0.000$; 46 a 55 años $t_{(24)}=-6.592$, $p=0.000$; 56 a 65 años $t_{(22)}=-4.635$, $p=0.000$ y 66 a 75 años $t_{(15)}=-4.304$, $p=0.001$).

Asociación semántica – asociación fonológica. La codificación de pares de palabras con asociación semántica fue mayor que la de pares de palabras con asociación fonológica en el grupo de 46 a 55 años ($t_{(24)}=-3.674$, $p=0.001$).

Figura 11. Promedio de aciertos de cada rango de edad en los pares de palabras sin una asociación explícita, con una asociación de tipo fonológico o con una asociación de tipo semántico. Se marcan los rangos de edad en los que los pares con asociación semántica tuvieron un mayor valor ($p \leq 0.001$) que los pares sin asociación clara (*) y que aquellos con asociación fonológica (+).



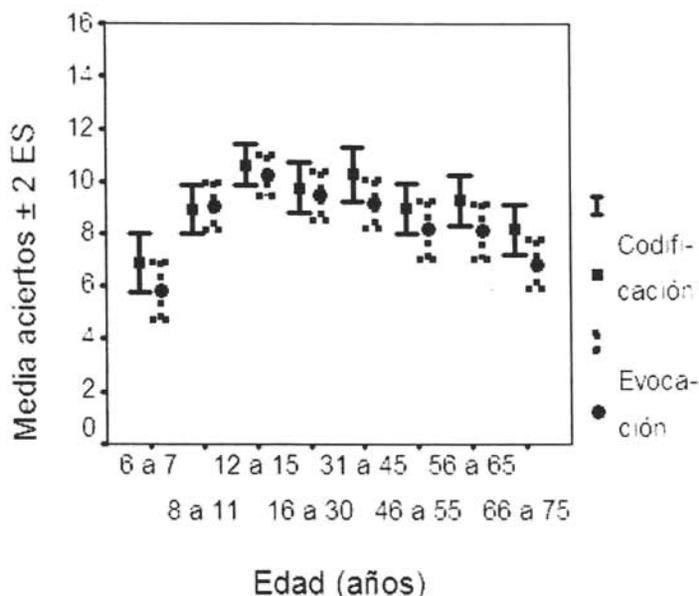
Historias.

Codificación. Se encontró un efecto significativo de la edad en la codificación de historias ($F_{(7, 223)}=6.176$, $p=0.000$) (figura 12). El grupo de 12 a 15 años fue el que obtuvo el mayor número de aciertos en esta prueba (Media=10.63, D. S.=2.137). Las comparaciones a posteriori (corrección de Bonferroni $p\leq 0.006$) no indicaron diferencias entre los 12 y los 65 años de edad. El grupo de 6 a 7 años tuvo menos aciertos que los grupos de 8 a 65 años, los grupos de 8 a 11 y de 66 a 75 años tuvieron menos aciertos que el grupo de 12 a 15 años. La varianza entre grupos quedó explicada en un 74% por un componente cuadrático ($F_{(1, 223)}=31.843$, $p=0.000$). El componente lineal no fue significativo.

Evocación. Se encontró un efecto significativo de la edad en la evocación de historias ($F_{(7, 223)}=9.072$, $p=0.000$) (figura 11). El grupo de 12 a 15 años fue el que obtuvo el mayor número de aciertos en esta prueba (Media=10.23, D. S.=2.062). Las comparaciones a posteriori (corrección de Bonferroni $p\leq 0.006$) no indicaron diferencias entre los 8 y los 65 años de edad. El grupo de 6 a 7 tuvo menos aciertos que los grupos de 8 a 65 años, el grupo de 66 a 75 años tuvo menos aciertos que los grupos de 8 a 45 años. La varianza entre grupos quedó explicada en un 74% por un componente cuadrático ($F_{(1, 223)}=46.938$, $p=0.000$). El componente lineal no fue significativo.

No se encontraron diferencias entre la codificación y evocación de historias en algún rango de edad.

Figura 12. Promedio de aciertos de cada rango de edad en la codificación y evocación de historias.



¿Existen diferencias asociadas a la edad en los porcentajes de evocación?

Palabras

Se encontró un efecto significativo de la edad en el porcentaje de evocación de la lista de palabras ($F_{(6, 193)}=5.213, p=0.000$) (figura 13). El grupo de 16 a 30 años fue el que obtuvo el mayor porcentaje de evocación en esta prueba (Media=95.10, D. S.=17.493). Las comparaciones a posteriori (corrección de Bonferroni $p \leq 0.006$) no indicaron diferencias entre los 12 y los 55 años de edad. Los grupos de 8 a 11 y de 56 a 75 años tuvieron menor porcentaje de evocación que el grupo de 16 a 30 años. La varianza entre grupos quedó explicada en un 32% por un componente lineal ($F_{(1, 193)}=9.885, p=0.002$) y en un 55% por uno cuadrático ($F_{(1, 193)}=17.252, p=0.000$).

Pares

No se encontró un efecto de la edad en el porcentaje de evocación de la lista de pares de palabras.

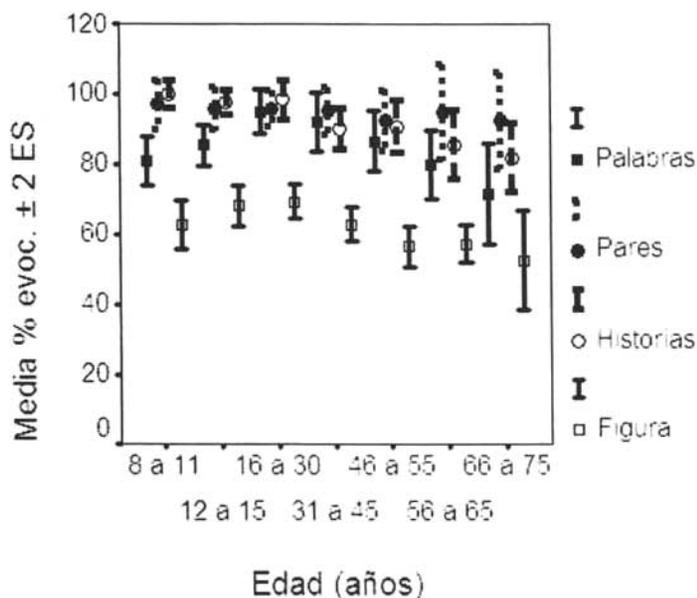
Historias

Se encontró un efecto significativo de la edad en el porcentaje de evocación de las historias ($F_{(6, 194)}=3.299$, $p=0.004$) (figura 13). El grupo de 8 a 11 años fue el que obtuvo el mayor número de aciertos en esta prueba (Media=99.98, D. S.=21.19). Las comparaciones a posteriori (corrección de Bonferroni $p\leq 0.006$) no indicaron diferencias entre los 8 y los 65 años de edad. El grupo de 66 a 75 años tuvo un menor porcentaje de evocación que los grupos de 8 a 30 años. La varianza entre grupos quedó explicada en un 90% por un componente lineal ($F_{(1, 194)}=17.877$, $p=0.000$). El componente cuadrático no fue significativo.

Figura

Se encontró un efecto significativo de la edad en el porcentaje de evocación de la figura de Rey-Osterreith ($F_{(6, 190)}=5.578$, $p=0.000$) (figura 13). El grupo de 16 a 30 años fue el que obtuvo el mayor número de aciertos en esta prueba (Media=69.480, D. S.=14.071). Las comparaciones a posteriori (corrección de Bonferroni $p\leq 0.006$) no indicaron diferencias entre los 8 y los 55 años de edad. Los grupos de 56 a 75 años tuvieron menos aciertos que el grupo de 16 a 30 años. La varianza entre grupos quedó explicada en un 67% por un componente lineal ($F_{(1, 190)}=22.261$, $p=0.000$) y en un 12% por uno cuadrático ($F_{(1, 190)}=3.908$, $p=0.049$).

Figura 13. Porcentaje de evocación promedio en las pruebas de lista de palabras, lista de pares de palabras, historias y figura, en cada rango de edad.



¿Difiere el desarrollo de la codificación y evocación de palabras aisladas versus palabras asociadas?

Se comparó el desarrollo de la ejecución de los sujetos en la codificación y evocación de diferentes tipos de material verbal. Específicamente se comparó la ejecución de los sujetos en una tarea de palabras aisladas versus palabras asociadas.

Se encontraron diferencias entre el número de aciertos de las palabras y de los pares de palabras, tanto en la codificación como en la evocación. En la codificación las diferencias se observaron en los sujetos de 12 a 15 años ($t_{(27)} = -4.837$; $p = 0.000$) (figura 14). En la evocación las diferencias se observaron en los

sujetos de 6 a 15 años (6 a 7 años $t_{(21)}=-3.740$, $p=0.001$; 8 a 11 años $t_{(26)}=-5.971$; $p=0.000$; 12 a 15 años $t_{(27)}=-4.848$, $p=0.000$) (figura 15).

Figura 14. Porcentajes de acierto de cada rango de edad en la codificación de palabras y pares de palabras. Con * se marcan los rangos de edad con diferencias ($p \leq 0.001$) entre las dos tareas.

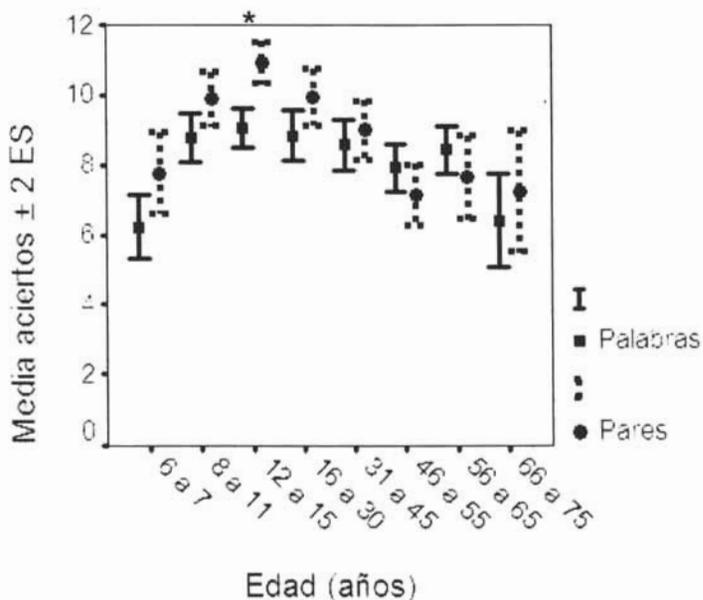
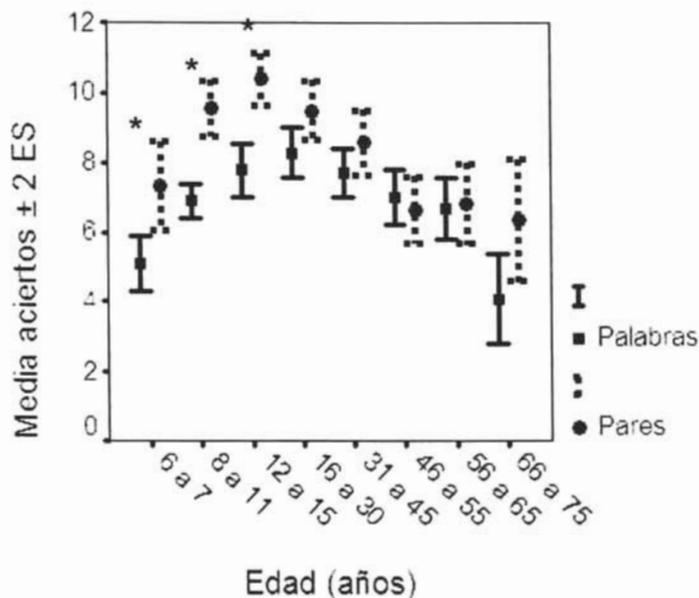


Figura 15. Porcentajes de acierto de cada rango de edad en la evocación de palabras y pares de palabras. Con * se marcan los rangos de edad con diferencias ($p \leq 0.001$) entre las dos tareas.



¿Existen diferencias asociadas a la edad en las estrategias empleadas en la codificación?

Se analizó el orden del reporte de las palabras durante el tercer ensayo de aprendizaje de la lista de palabras para medir dos tipos de organización: primaria o serial y secundaria o semántica.

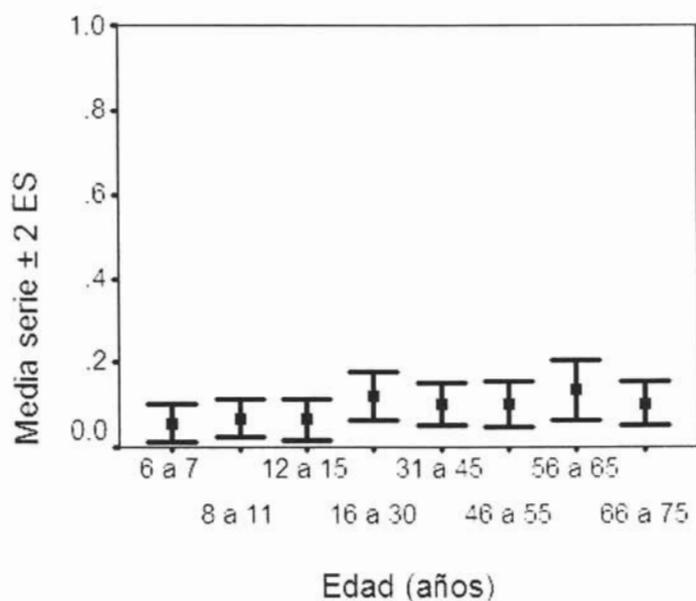
En los ensayos de aprendizaje, la organización primaria o serial se calculó dividiendo el número de palabras que fueron repetidas por el sujeto en el mismo orden en que le fueron presentadas, entre el número de palabras reportadas.

La organización secundaria o semántica se calculó dividiendo el número de agrupaciones formadas dentro de categorías semánticas (animales, partes del cuerpo o frutas), entre el número máximo posible de categorías que se podrían haber formado de acuerdo con la extensión de memoria del sujeto.

Organización serial.

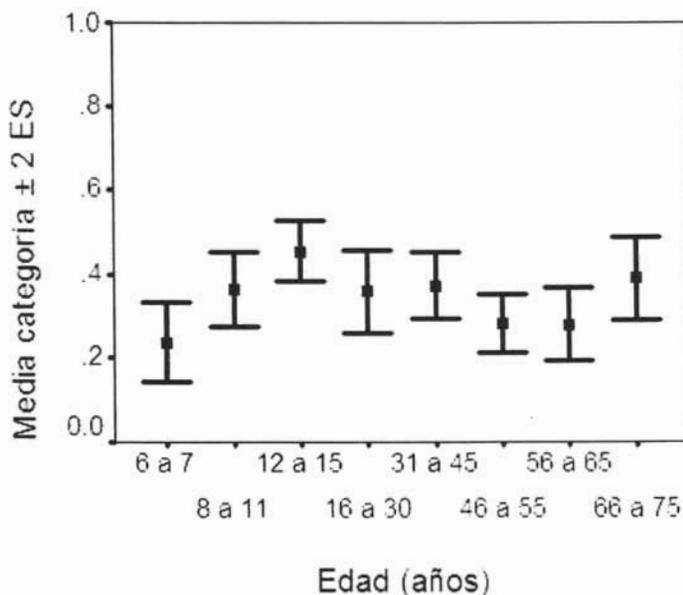
No se encontró un efecto de la edad en la organización serial del tercer ensayo de aprendizaje (figura 16).

Figura 16. Número de palabras organizadas serialmente durante el tercer ensayo a la codificación de la lista de palabras.



Organización semántica. Se encontró un efecto significativo de la edad en la organización semántica del tercer ensayo $F_{(7, 210)}=2.603$, $p=0.013$ (figura 17). El grupo de 12 a 15 años fue el que obtuvo el mayor número de aciertos en esta prueba (Media=0.45, D. S.=0.198). Las comparaciones a posteriori (corrección de Bonferroni $p\leq 0.006$) no indicaron diferencias entre los 8 y los 75 años de edad. El grupo de 6 a 7 años formó menos categorías que el grupo de 12 a 15 años. La varianza entre grupos no quedó explicada ni por un componente lineal ni por uno cuadrático.

Figura 17. Número de palabras organizadas de manera semántica durante el tercer ensayo de la codificación de la lista de palabras, en cada rango de edad.



¿Existen diferencias asociadas a la edad en los efectos de primacía y recencia?

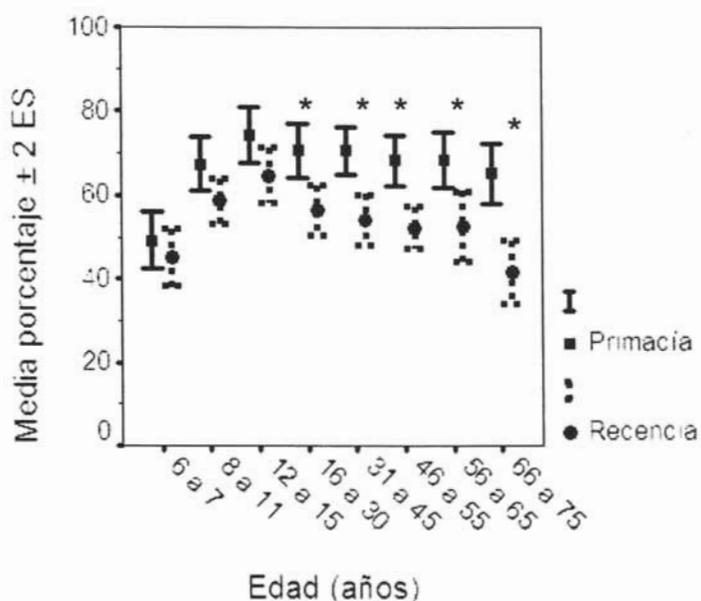
Se analizaron los efectos de primacía y recencia durante la codificación de la lista de palabras.

Primacía. Se encontró un efecto de la edad en la primacía ($F_{(7, 224)}=5.730$, $p=0.000$) (figura 18). El grupo de 12 a 15 años fue el que obtuvo el mayor número de aciertos en esta prueba (Media=80.17, D. S.=20.463). Las comparaciones a posteriori (corrección de Bonferroni $p\leq 0.006$) no indicaron diferencias entre los 8 y los 75 años de edad. El grupo de 6 a 7 años tuvo un menor efecto de primacía que los grupos de 8 a 75 años. La varianza entre grupos quedó explicada en un 16% por un componente lineal ($F_{(1, 224)}=6.612$, $p=0.01$) y en un 57% por un componente cuadrático ($F_{(1, 224)}=22.783$, $p=0.000$).

Recencia. Se encontró un efecto de la edad en la recencia ($F_{(7, 224)}=5.730$, $p=0.000$) (figura 18). El grupo de 12 a 15 años fue el que obtuvo el mayor número de aciertos en esta prueba (Media=75.00, D. S.=23.146). Las comparaciones a posteriori (corrección de Bonferroni $p\leq 0.006$) no indicaron diferencias entre los 8 y los 65 años de edad. Los grupos de 6 a 7 y de 66 a 75 años tuvieron menor efecto de recencia que los grupos de 8 a 15 años. La varianza entre grupos quedó explicada en un 55% por un componente cuadrático ($F_{(1, 224)}=18.131$, $p=0.000$). El componente lineal no fue significativo.

La primacía fue mayor que la recencia en los sujetos de 16 a 75 años (16 a 30 $t_{(32)}=3.590$, $p=0.001$; 31 a 45 $t_{(32)}=4.031$, $p=0.000$; 46 a 55 $t_{(24)}=4.192$, $p=0.000$; 56 a 65 $t_{(27)}=3.437$, $p=0.001$ y 66 a 75 años $t_{(22)}=4.437$, $p=0.000$).

Figura 18. Porcentaje promedio de primacia y recencia de la lista de palabras para cada rango de edad. Con * se marcan los rangos de edad con diferencias ($p \leq 0.001$) entre los dos efectos.



¿Existen diferencias asociadas a la edad en la recuperación de material verbal?

La recuperación de la lista de palabras se hizo de manera libre, por claves y por reconocimiento.

Libre. Se encontró un efecto significativo de la edad en la evocación libre de la lista de palabras ($F_{(7, 223)}=11.441, p=0.000$) (figura 19). El grupo de 16 a 30 años fue el que obtuvo el mayor número de aciertos en esta prueba (Media=8.27, D. S.=1.989). Las comparaciones a posteriori (corrección de Bonferroni $p \leq 0.006$) no indicaron diferencias entre los 8 y los 55 años de edad. El grupo de 6 a 7 años tuvo menos aciertos que los grupos de 8 a 55 años, el grupo de 56 a 65 años tuvo

menos aciertos que el grupo de 16 a 30 años, y el grupo de 66 a 75 años tuvo menos aciertos que los grupos de 8 a 55 años. La varianza entre grupos quedó explicada en un 95% por un componente cuadrático ($F_{(1, 223)}=75.764$, $p=0.000$). El componente lineal no fue significativo.

Claves. Se encontró un efecto significativo de la edad en la evocación por claves de la lista de palabras ($F_{(7, 223)}=9.079$, $p=0.000$) (figura 19). El grupo de 16 a 30 años fue el que obtuvo el mayor número de aciertos en esta prueba (Media=8.24, D. S.=1.937). Las comparaciones a posteriori (corrección de Bonferroni $p\leq 0.006$) no indicaron diferencias entre los 8 y los 65 años de edad. El grupo de 6 a 7 años tuvo menos aciertos que los grupos de 8 a 55 años, el grupo de 56 a 65 años tuvo menos aciertos que los grupos de 12 a 30 años, y el grupo de 66 a 75 años tuvo menos aciertos que los grupos de 8 a 45 años. La varianza entre grupos quedó explicada en un 90% por un componente cuadrático ($F_{(1, 223)}=57.141$, $p=0.000$). El componente lineal no fue significativo.

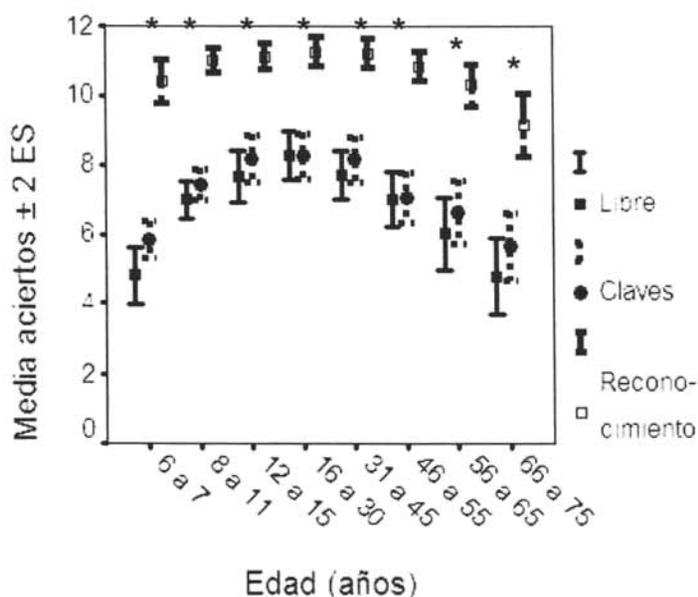
Reconocimiento. Se encontró un efecto significativo de la edad en la evocación por reconocimiento de la lista de palabras ($F_{(7, 223)}=6.805$, $p=0.000$) (figura 19). El grupo de 16 a 30 años fue el que obtuvo el mayor número de aciertos en esta prueba (Media=11.27, D. S.=1.232). Las comparaciones a posteriori (corrección de Bonferroni $p\leq 0.006$) no indicaron diferencias entre los 6 y los 65 años de edad. El grupo de 66 a 75 años tuvo menos aciertos que los grupos de 8 a 55 años. La varianza entre grupos quedó explicada en un 24% por un componente lineal ($F_{(1, 223)}=11.498$, $p=0.001$) y en un 74% por uno cuadrático ($F_{(1, 223)}=35.105$, $p=0.000$).

Libre – claves. No se encontraron diferencias entre la evocación libre y por claves en ningún rango de edad.

Libre - reconocimiento. La evocación libre fue menor que la evocación por reconocimiento en todos los rangos de edad (6 a 7 años $t_{(29)}=-13.174$, $p=0.000$; 8 a 11 años $t_{(29)}=-14.122$, $p=0.000$; 12 a 15 años $t_{(29)}=-9.685$, $p=0.000$; 16 a 30 años

$t_{(32)}=-10.766$, $p=0.000$; 31 a 45 años $t_{(32)}=-10.505$, $p=0.000$; 46 a 55 años $t_{(24)}=-11.817$, $p=0.000$; 56 a 65 años $t_{(26)}=-10.238$, $p=0.000$ y 66 a 75 años $t_{(21)}=-7.896$, $p=0.000$).

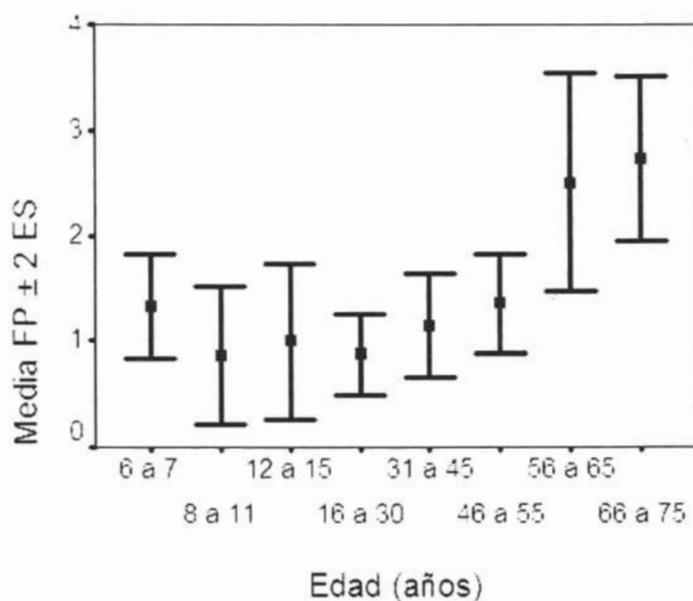
Figura 19. Promedio de aciertos en la evocación libre, por claves y por reconocimiento de la lista de palabras en cada rango de edad. Con * se marcan los rangos de edad con diferencias ($p \leq 0.001$) entre la evocación libre y la evocación por reconocimiento.



Falsos positivos. En la evocación por reconocimiento se cuantificaron el número de falsos positivos (palabras que no estaban en la lista original, pero que fueron identificadas por el sujeto como pertenecientes a la misma). Se encontró un efecto significativo de la edad en el número de falsos positivos ($F_{(7, 223)}=4.651$, $p=0.000$) (figura 20). El grupo de 8 a 11 años fue el que obtuvo el menor número de falsos positivos en esta prueba (Media=0.87, D. S.=1.776). Las comparaciones a posteriori (corrección de Bonferroni $p \leq 0.006$) no indicaron diferencias entre los 6 y

los 65 años de edad. El grupo de 66 a 75 años tuvo mayor número de falsos positivos que los grupos de 6 a 55 años. La varianza entre grupos quedó explicada en un 56% por un componente lineal ($F_{(1, 223)}=18.184$, $p=0.000$) y en un 38% por uno cuadrático ($F_{(1, 223)}=12.252$, $p=0.001$).

Figura 20. Promedio de falsos positivos en la prueba de reconocimiento de la lista de palabras, en cada rango de edad.



V. DISCUSIÓN

Desarrollo de la atención

En el caso de la atención se encontró un efecto de la edad tanto en la prueba de atención selectiva (detección visual), como en las de control atencional (Stroop, formación de categorías y fluidez verbal y no verbal). En ambos casos se observó que la varianza entre grupos estuvo explicada, tanto por relaciones cuadráticas como mixtas (lineales y cuadráticas). Estos resultados indican que el efecto sobre la atención sigue un arreglo de acuerdo con los niveles de la variable edad, donde la disposición de los datos sugiere que en función de la edad hubo un incremento de la atención durante la niñez y un decremento durante el envejecimiento. Las comparaciones a posteriori brindaron información adicional en cuanto a los momentos en los cuales las funciones atencionales alcanzan los niveles de ejecución propios de los adolescentes y adultos jóvenes. Esta información es importante debido a que la limitación de estudios previos al utilizar diferentes tareas no permite describir una secuencia en el desarrollo de diferentes tipos de atención. En el presente estudio se encontró que la capacidad de inhibición, evaluada por la prueba de Stroop, y aspectos del control atencional, evaluados por la formación de categorías, fluidez fonológica y fluidez no verbal, alcanzan los mayores niveles de ejecución entre los 12 y 15 años; mientras que la capacidad de atención selectiva, evaluada por la prueba de detección visual, y aspectos del control atencional, evaluado con la prueba de fluidez semántica, lo hacen hasta el rango de los 16 a 30 años. En el caso de los adultos, se encontró un deterioro que varió en función del tipo de prueba utilizada. A partir de los 45 años se observó un deterioro de aspectos del control atencional, evaluados mediante la prueba de fluidez fonológica. La ejecución en pruebas que evaluaron atención selectiva, inhibición y aspectos del control atencional (detección visual, Stroop y fluidez verbal semántica) se afectó hasta el rango de los 66 a 75 años. Algunos aspectos del control atencional (formación de categorías y fluidez no verbal) no mostraron un deterioro hasta los 75 años.

Atención selectiva. (Prueba de detección visual). Los resultados observados en esta tarea concuerdan con estudios previos al señalar que durante la niñez una mayor edad está asociada con una mayor eficiencia para elegir los estímulos que son relevantes en una tarea, esta capacidad alcanza su mayor nivel en los adolescentes y adultos jóvenes y disminuye durante el proceso de envejecimiento (Enns y Akhtar, 1989; Gomes et al., 2000; Lewis et al., 1990; Plude et al., 1994; Trenerry et al., 1990). Sin embargo, a pesar de que los niños y los ancianos comparten la característica de tener una menor capacidad para seleccionar los estímulos relevantes para una tarea, al estudiar un continuo entre los 6 y 75 años, el presente estudio aporta información adicional. Específicamente, se encontró que la atención selectiva es una función que se desarrolla gradualmente desde el rango de los 6 a 7 años hasta el rango de los 16 a 30 años, y se afecta sólo hasta edades tardías durante el envejecimiento (entre los 66 y 75 años). Por el contrario, y como se mostrará más tarde, funciones de memoria alcanzan a una menor edad el nivel de maduración de los jóvenes y se afectan a edades más tempranas durante el envejecimiento.

Se ha descrito que el funcionamiento de la atención selectiva está relacionado con la actividad de la corteza temporal, parietal y con el cuerpo estriado (Mirsky et al., 1991; 1995). El incremento de dicha capacidad durante la niñez posiblemente esté relacionado con un aumento de la densidad de materia gris en el lóbulo temporal que ocurre hasta los 16 (Giedd et al., 1999) o 30 años (Sowell et al., 2003), una disminución de la sustancia gris en el lóbulo parietal a partir de los 12 (Giedd et al., 1999) o los 7 años (Sowell et al., 2003), o un incremento lineal de la sustancia blanca, durante la niñez y adolescencia (Benes, 1998; Giedd et al., 1999; Matsuzawa et al., 2001; Pfefferbaum et al., 1994; Reiss, Abrams, Singer, Ross y Denckla, 1996). Estas variaciones en la densidad de sustancia gris y blanca pueden tener un correlato funcional: se ha sugerido que la sobreproducción de neuronas puede inicialmente permitir al cerebro tener una capacidad máxima para responder al ambiente y formar múltiples conexiones. Posteriormente, durante el

desarrollo, las neuronas o sinapsis que no reciben estimulación son eliminadas, con lo cual se logra un mayor grado de especialización por medio del refinamiento de las conexiones sinápticas (Gómez-Pérez, Ostrosky-Solís y Próspero-García, 2003; Huttenlocher y Dabholkar, 1997; Sterberg y Powell, 1983). Por su parte, el incremento en la sustancia blanca ha sido considerado un índice de mielinización. La velocidad de transmisión neuronal depende no sólo de la sinapsis, sino también de las propiedades estructurales de las fibras de conexión, incluyendo el diámetro del axón y el grosor de la vaina de mielina (Paus et al., 1999). La maduración estructural de regiones cerebrales individuales y de sus vías de conexión es una condición necesaria para el desarrollo exitoso de funciones cognitivas, motoras y sensoriales.

En el envejecimiento la disminución en la capacidad de atención podría estar relacionada con una disminución de la sustancia blanca, que inicia alrededor de la quinta década de la vida (Sowell et al., 2003) y, posiblemente, con una disminución de la materia gris en el lóbulo temporal y frontal (Sowell et al., 2003; Van Petten et al., 2004). Sin embargo, la relación entre la cognición y el volumen de sustancia gris en el envejecimiento no ha sido consistente, en algunos casos un mayor volumen se ha asociado con una mejor ejecución, pero en otros esta relación ha sido inversa (ver Van Petten, 2004).

Atención selectiva - control atencional. (Prueba de Stroop). Los resultados en esta prueba sugieren que, durante la niñez, una mayor edad está asociada con una mayor eficiencia para elegir los estímulos que son relevantes en una tarea e inhibir respuestas inadecuadas. Esta capacidad alcanza su mayor nivel en los adolescentes y adultos jóvenes y disminuye durante el proceso de envejecimiento, lo cual concuerda con reportes previos (Cohn et al., 1984; Comalli et al., 1962; Daigneault et al., 1992; Guttentag y Ornstein, 1990; Panek et al., 1984; Rogers y Fisk, 1991; Spieler et al., 1996; West, 1999). Los resultados no concuerdan con Libon et al. (1994); sin embargo, estos autores únicamente compararon dos grupos de adultos mayores (edad promedio de 69 y 81 años) y reportaron

tendencias nos significativas de la edad a un nivel de significancia de 0.02. Adicionalmente, el presente estudio señala que durante la adolescencia el momento en el cual se alcanza la mejor ejecución se sitúa entre los 12 y los 15 años y se deteriora entre los 66 y 75 años. El hecho de que en esta prueba la relación cuadrática haya explicado la varianza entre grupos y que la relación lineal no haya sido significativa sugiere que la capacidad de inhibir conductas automáticas inadecuadas (lectura) en una tarea es una función básica que se desarrolla rápidamente y que se afecta más en el envejecimiento que otras capacidades de atención. La noción de un desarrollo secuencial de las funciones atencionales en el que la madurez de aspectos de inhibición de conductas precede al desarrollo de funciones de atención selectiva se ha descrito previamente en niños entre los 3 y 12 años (Klenberg, Korkman, & Lahti-Nuutila, 2001). La aportación del presente estudio indica que esta secuencia se extiende hasta los 16 a 30 años y ambas funciones se afectan entre los 66 y 75 años.

No se encontró un efecto de la edad en el número de errores al realizar la tarea, lo cual indica que el aumento en la velocidad para realizar la tarea en los adolescentes y adultos jóvenes no estuvo asociada con un mayor número de errores e indica que la selección de la información relevante se hace de una manera eficiente.

Atención selectiva – atención selectiva-control atencional. (Pruebas de detección visual y Stroop). En algunos casos tanto las pruebas de detección visual como la prueba de Stroop han sido consideradas como tareas que evalúan la atención selectiva: en ambos casos la persona debe filtrar la información relevante de la irrelevante. Sin embargo, el tipo de información irrelevante de estas tareas es diferente. En el caso de la prueba de Stroop la información irrelevante que debe suprimirse es un proceso más automático (leer) que en el caso de la detección visual (marcar estrellas). Esta diferencia nos habla de la distinción entre procesos automáticos y controlados, descrita anteriormente (Posner y Snyder, 1975; Schneider et al., 1994). Al comparar en la presente investigación la

ejecución de los sujetos, en estas dos pruebas, se encontró que en todos los rangos de edad la atención selectiva fue mayor que la atención selectiva-inhibición de respuestas automáticas. Esto sugiere que la capacidad para seleccionar estímulos cuando la información irrelevante no es automática es siempre mayor que cuando la información irrelevante que debemos ignorar es una conducta automática. Por lo tanto, ambos aspectos parecen desarrollarse de una manera similar y paralela desde los niños hasta los ancianos y las diferencias en el tipo de información irrelevante se reflejan a lo largo del desarrollo. La mayor capacidad de atención observada en los grupos de adolescentes y jóvenes no parece facilitar la inhibición de respuestas automáticas versus respuestas no automáticas. Esta distinción planteada en los trabajos de Posner y Snyder (1975) y de Schneider et al. (1994) parece ser un proceso muy básico que se mantiene constante a lo largo del desarrollo.

Control atencional – flexibilidad. (Pruebas de fluidez). Los resultados indican que la capacidad de control atencional (flexibilidad medida con pruebas de fluidez) aumenta conforme la edad de los niños es mayor y alcanza su nivel máximo en los adolescentes y adultos. Estos resultados concuerdan con estudios previos que han indicado un aumento de la fluidez verbal fonológica (Cohen et al., 1999; Regard et al., 1982), fluidez verbal semántica y no verbal (Regard et al., 1982) en niños. En el caso de los adultos, se encontró una disminución de la fluidez verbal semántica y fonológica durante el envejecimiento y una conservación de la fluidez no verbal. Estos resultados concuerdan con aquellas investigaciones que han señalado un deterioro de la fluidez verbal semántica (Kozora & Cullum, 1995; Tomer & Levin, 1993; Troyer et al., 1997) y fonológica (Hultsch et al., 1992; Salthouse, 1993). Los resultados no concuerdan con reportes previos que no han reportado un deterioro de la fluidez fonológica (Bryan et al., 1997; Davis et al., 1990; Troyer et al., 1997), ni con aquellos que han indicado un deterioro de la fluidez de diseños en el envejecimiento (Daigneault et al., 1992; Mittenberg et al., 1989). Nuevamente, la discrepancia entre los resultados del presente estudio y estudios anteriores podrían deberse a los grupos de edad estudiados. Por ejemplo,

Bryan et al. (1997) estudiaron la fluidez verbal fonológica únicamente en adultos mayores a los analizados en el presente estudio (edad promedio de 77 años, desviación estándar de 5.3). Reportaron un deterioro significativo, aunque pequeño, de esta medida en los sujetos de mayor edad. Sin embargo, dado que la varianza explicada por el efecto edad fue pequeña (2%), los autores concluyeron que la fluidez fonológica se conserva en la edad avanzada.

Como aportación adicional, en este estudio se encontró que la fluidez verbal semántica se encuentra entre las habilidades que tienen un desarrollo gradual y prolongado durante la niñez y adolescencia, alcanzando el mayor pico de ejecución hasta el rango de los 31 a 45 años. Este nivel de ejecución máxima se alcanzó hasta el rango de los 16 a 30 años en la fluidez semántica y se conservó hasta los 65 años. En el caso de la fluidez fonológica el nivel máximo de ejecución se alcanzó entre los 12 y los 15 años y se conservó hasta el rango de los 31 a los 45 años. Se encontró además que la fluidez verbal semántica fue mayor que la fonológica en todos los rangos de edad, y esto puede deberse a que la fluidez verbal semántica es una habilidad más sencilla, que no depende tanto de la escolaridad, ni de tener una conciencia metalingüística.

El patrón de desarrollo de la fluidez semántica, en comparación con el patrón observado en pruebas de memoria, indica un desarrollo gradual de la formación de almacenes semánticos, y podría estar apoyado por reportes de que el conocimiento adquirido (inteligencia cristalizada) no se afecta tanto como la capacidad de abstracción o la solución de problemas (inteligencia fluida) durante el envejecimiento. Esta afectación menos severa de la fluidez verbal podría estar relacionada con una conservación de los almacenes de información semántica en regiones temporales.

Control atencional – flexibilidad. (Prueba de formación de categorías). Los resultados de esta prueba muestran que una mayor edad está asociada con un aumento en la flexibilidad necesaria para realizar una tarea, que esta capacidad

alcanza un nivel de desarrollo máximo entre los 12 y los 15 años y que no se afecta durante el envejecimiento. En pocas pruebas la ejecución de los adultos mayores conservó el nivel alcanzado en el pico máximo de ejecución. Probablemente esta conservación en la formación de categorías supraordinadas esté relacionada con un mantenimiento de información de tipo semántico durante el envejecimiento.

De acuerdo con autores como Mirsky et al. (1991, 1995), la capacidad de control atencional, analizada en esta sección, está relacionada con el funcionamiento de la corteza prefrontal y del cíngulo anterior. El incremento de esta capacidad durante la niñez posiblemente esté relacionado con modificaciones en estas regiones durante la niñez y adolescencia. Tradicionalmente se ha considerado que el desarrollo cognoscitivo durante la niñez y la adolescencia está asociado principalmente con la incorporación relativamente tardía de la corteza prefrontal, ya sea por su maduración estructural intrínsecamente tardía (Sowell, Thompson, Holmes, Jernigan & Toga, 1999) o por la maduración de otras regiones neocorticales, que facilita la integración funcional con la corteza prefrontal (Thatcher, Walter y Giudice, 1987).

Los estudios sobre el desarrollo cerebral sugieren que los cambios relacionados con la edad son regionales. Una de las regiones que parece ser la última en madurar es la corteza prefrontal. Algunas diferencias importantes entre el desarrollo de la corteza prefrontal y otras regiones corticales son: una disminución gradual de las sinápsis que se inicia hasta la pubertad (Burgeois, Goldman-Rakic y Rakic, 1994; Huttenlocher y Dabholkar, 1997; Seeman, 1999), un aumento tardío de las arborizaciones dendríticas (Becker, Armstrong, Chan y Wood, 1984; Mrzljak, Uylings, Van Eden y Judas, 1990) y un proceso prolongado de mielinización (Benes, 1998; Giedd et al., 1999; Matsuzawa et al., 2001; Pfefferbaum et al., 1994; Reiss et al., 1996) que continúa por lo menos hasta los 20 años de edad (Giedd et al., 1999), o incluso hasta la quinta década de la vida (Benes, 1998; Sowell et al., 2003).

Además, se ha reportado que las regiones orbitofrontales, involucradas con la integración visceral-amigdalina y con la integración de información límbica y emocional en respuestas conductuales contextualmente apropiadas, se mielinizan antes que las áreas dorsolaterales (principalmente involucradas en funciones ejecutivas) (Orzhekhovskaya, 1981) y que, entre los 5 y los 17 años, una mayor edad está relacionada con un incremento del volumen de la sustancia blanca prefrontal y una disminución del volumen de sustancia blanca orbitofrontal. También se ha reportado que las áreas ventromediales de la corteza prefrontal, involucradas en la expresión y control de conductas emocionales e instintivas, se desarrollan antes que las áreas dorsolaterales (Fuster, 2000).

De acuerdo con estudios previos realizados con neuroimagen, el incremento en la capacidad de control atencional, observado en la niñez y adolescencia, también podría estar relacionado con un aumento en el tamaño de la corteza del cíngulo anterior derecho (Casey, Trainor, Giedd et al., 1997), con diferencias del volumen de activación entre niños y adultos en la corteza prefrontal dorsolateral (Casey, Trainor, Orendí et al., 1997; Schroeter et al., 2004), con un cambio de activación de áreas posteriores (principalmente parietales) a frontales entre la niñez y la etapa adulta (Adleman et al., 2002; Bunge et al., 2002; Rubia et al., 2000), o con un aumento en la función integrada entre regiones distantes del cerebro (Luna et al., 2001). La disminución de esta capacidad durante el envejecimiento posiblemente esté relacionada con una disminución de la actividad de la corteza frontal observada en los adultos jóvenes y un aumento de actividad en regiones frontales diferentes o en regiones temporales y de la corteza anterior del cíngulo (Langenecker et al., 2004; Milham et al., 2002; Persson et al., 2004).

Desarrollo de la memoria.

Se encontró un efecto de la edad en la mayoría de pruebas que evaluaron funciones de memoria. Al igual que en el caso de la atención, el desarrollo de la

memoria se caracterizó por mostrar relaciones cuadráticas y mixtas, indicando periodos de aumento y periodos de disminución en las puntuaciones obtenidas por los diferentes grupos de edad.

A diferencia de las funciones atencionales, la observación de las gráficas que representan la ejecución en pruebas de memoria indica que en las relaciones mixtas el componente lineal se presenta en los grupos de mayor edad, como una relación lineal negativa, mientras que en las funciones atencionales se observa en los grupos de menor edad, como una relación lineal positiva. Lo anterior sugiere que la atención tiene un desarrollo más prolongado durante la niñez, mientras que la memoria adquiere niveles de maduración a edades más tempranas y muestra un deterioro gradual y prolongado durante el envejecimiento. Los análisis a posteriori confirman esta afirmación al señalar que algunas funciones de memoria alcanzan el nivel máximo de ejecución entre los 12 y los 15 años (memoria de trabajo auditivo-verbal y visoespacial-no verbal, codificación de historias, codificación y evocación figura de Rey-Osterreith y porcentaje de evocación de palabras), la mayoría lo hace entre los 8 y 11 años (extensión de memoria auditivo-verbal y visoespacial-no verbal, codificación y evocación de palabras y pares de palabras, evocación de historias, porcentaje de evocación de historias y figura de Rey-Osterreith, organización semántica, primacia y recencia) y algunas incluso entre los 6 y 7 años (evocación por reconocimiento y falsos positivos). La disminución en las puntuaciones de los adultos se observó en algunas pruebas desde el rango de los 46 a 55 años (evocación de figura de Rey-Osterreith, codificación y evocación de pares de palabras). En algunos casos no se encontró un efecto de la edad (organización serial de la lista de palabras) y en otros, relacionados con memoria de tipo semántico, no se encontró que las puntuaciones de los adultos disminuyeran.

A continuación se presenta un análisis más detallado de la ejecución en cada una de las pruebas.

Extensión de memoria o capacidad de atención, memoria de trabajo. (Pruebas de retención de dígitos y cubos de Corsi en progresión y regresión). En los niños la extensión de memoria o capacidad de atención y la memoria de trabajo aumentan conforme la edad es mayor, alcanzan un nivel máximo en los adolescentes y adultos y disminuyen durante el envejecimiento.

Estos datos concuerdan con investigaciones previas que han descrito un aumento de la extensión de memoria y de la memoria de trabajo durante la niñez (De Luca et al., 2003; Hulme et al., 1984; Isaacs y Vargha-Khaandem, 1989; Luciana y Nelson, 1998; Siegel, 1994; Wilson et al., 1987). En el presente estudio el análisis de la ejecución en un continuo entre los 6 y 75 años sugiere que la extensión de memoria, tanto auditivo-verbal como visual-visoespacial, adquiere el mayor nivel de ejecución a una edad más temprana (8 a 11 años) que la memoria de trabajo (12 a 15 años).

En el envejecimiento existen controversias en cuanto a si estas dos habilidades se deterioran o no. Algunos estudios han señalado un deterioro tanto de la extensión de memoria (Belleville et al., 1998, Ostrosky-Solís et al., 1998), como de la memoria de trabajo (De Luca et al., 2003; Ostrosky-Solís et al., 1998; Van der Linden et al., 1994). Mientras que otros no han encontrado un deterioro en la extensión (Siegel, 1994; Van der Linden et al., 1994), ni en la memoria de trabajo (Belleville et al., 1998). Sin embargo, uno de los estudios que reportó que no hay un deterioro de la extensión de memoria (Siegel, 1994) estudió únicamente a personas menores de 49 años y, al estudiar en la presente investigación a personas mayores, se encuentra el deterioro de esta función. El estudio de Belleville et al., (1998) reportó no encontrar deterioro de la memoria de trabajo; sin embargo, ellos hicieron un ajuste en sus datos de acuerdo a la extensión de memoria de los sujetos, y en la presente investigación no se hizo dicho ajuste.

Los resultados del presente estudio sugieren que un factor importante a tomar en cuenta es la modalidad del material empleado, ya que en la modalidad auditivo

verbal no se observó un deterioro en la extensión de memoria, ni en la memoria de trabajo; mientras que en la modalidad visoespacial-no verbal se observó un deterioro en ambas pruebas entre los 66 y los 75 años. Este resultado apoya a reportes previos sobre una mayor afectación de aspectos visoespaciales que verbales durante el envejecimiento (Babcock et al.,1997; Haaland et al., 2003; Ostrosky-Solís et al., 1998; Tomer y Cunningham, 1993).

Mientras que en la extensión de memoria o capacidad de atención no se encontraron diferencias entre la modalidad auditivo-verbal y la visoespacial-no verbal, en la memoria de trabajo la memoria visoespacial-no verbal fue mayor que la auditivo-verbal entre los 6 y los 55 años. Lo anterior concuerda con la idea de la existencia de almacenes individuales para la información verbal y visoespacial dentro de la memoria de trabajo (Baddeley, 1992, 1998; Baddeley y Hitch, 1974). Como aportación, el presente estudio sugiere que la participación de estos almacenes individuales se encuentra presente desde niños hasta adultos.

El hecho de que el reporte en orden directo sea semejante para ambas modalidades, mientras que el reporte inverso sea mayor para la modalidad visoespacial-no verbal también concuerda con la idea de que el orden con el cual se extrae la información del ciclo fonológico y del boceto visoespacial es diferente (Gathercole, 1998). Esto es, mientras que el reporte inverso no afecta a la modalidad visoespacial-no verbal, si afecta a la modalidad auditivo verbal. Probablemente esto pueda explicarse por una forma de codificación diferente entre las dos modalidades: la información verbal puede codificarse de forma serial donde el orden de los elementos es importante, mientras que la visoespacial puede codificarse en un contexto donde el orden no es tan importante.

El funcionamiento del ciclo fonológico, dentro de la memoria de trabajo, se ha asociado con el funcionamiento de áreas como el giro parietal inferior, la región posterior de la corteza de asociación auditiva y el giro frontal inferior (Eichenbaum et al., 1999; Paulesu et al., 1993; Smith et al., 1996). El boceto visoespacial se ha

asociado con el funcionamiento de la corteza de asociación visual, del lóbulo parietal inferior y de la corteza prefrontal inferior (Eichenbaum et al., 1999; Vallar y Pagano, 1995). El funcionamiento del ejecutivo central se ha asociado con la actividad de una red distribuida entre regiones anteriores y posteriores (Fuster, 1997), entre las que se incluyen la corteza prefrontal y varias regiones córtico-subcorticales como las cortezas de asociación temporal y parietal, el hipocampo, la amígdala y el cuerpo estriado (Alexander et al., 1986; Robins et al., 1994; Selemon & Goldman-Rakic, 1988). Los cambios de la memoria de trabajo observados en el presente estudio posiblemente estén relacionados con las modificaciones de la estructura cerebral previamente mencionadas (variaciones de la densidad de la sustancia gris y blanca, disminución gradual de las sinapsis, aumento de arborizaciones dendríticas, etc). De acuerdo con estudios previos realizados con técnicas de neuroimagen, el incremento de la memoria de trabajo durante la niñez posiblemente esté relacionado con un mayor volumen de activación de la región prefrontal en los niños, y del área parietal en los adultos (Thomas et al., 1999). La disminución de la memoria de trabajo observada en los adultos mayores, en comparación con los jóvenes, posiblemente esté relacionada con una activación frontal lateralizada en los adultos jóvenes (hemisferio izquierdo para la memoria de trabajo verbal y derecho para la espacial), y una activación frontal bilateral para los adultos mayores (Reuter-Lorenz et al., 2000).

Codificación y evocación de material visual. Los resultados sobre la codificación y evocación en las tareas de memoria concuerdan con investigaciones que han descrito un aumento de dicho proceso en niños (Bjorklund y Harnishfeger, 1987; Markham et al., 1992), y un deterioro en el envejecimiento (Cummings y Benson, 1992; Haaland et al., 2003; Laurent y Dirx, 1994; Ostrosky-Solis et al., 1998). Además, el análisis efectuado permitió obtener información específica acerca del desarrollo de esta función cognoscitiva.

Se encontró un efecto de la edad en la codificación y evocación de material visual caracterizado, por lo regular, por una tendencia más cuadrática que lineal. Es

importante notar que en las tareas donde la relación fue más lineal que cuadrática (evocación de la figura de Rey-Osterreith y codificación de pares de palabras sin asociación) el punto máximo de ejecución se alcanzó a edades más tempranas (16 a 30 y 12 a 15, respectivamente) que en otras tareas, como por ejemplo la fluidez verbal (31 a 45 años), y a partir de ese punto es cuando se observó una relación lineal negativa. Por lo tanto, estas tendencias difieren de las observadas en la mayoría de las tareas de atención e indican que procesos de seleccionar información relevante de irrelevante pueden tener un desarrollo más prolongado y conservarse en mayor grado que la codificación y evocación.

Entre los 12 y los 15 años se alcanzó el nivel máximo de ejecución en la codificación y evocación de la figura de Rey-Osterreith. La tarea de copia, que requiere habilidades visoespaciales y visoconstructivas, pero no de memoria, no se afectó durante el envejecimiento, por el contrario, la evocación se afectó a partir del rango de los 46 a 55 años.

Se observaron diferencias entre la copia y evocación de la figura lo cual señala que la información carente de un significado explícito se deteriora en todos los rangos de edad después de una demora de tiempo.

Codificación y evocación de material verbal. También se encontró un efecto de la edad en la codificación y evocación de material verbal con tendencias cuadráticas (para la codificación y evocación de la lista de palabras e historias) y mixtas (para la codificación y evocación de la lista de pares de palabras). Nuevamente estos datos apoyan la idea de que, en comparación con la atención, la memoria tiene un desarrollo más rápido durante la niñez y una mayor afectación en el envejecimiento.

El nivel de ejecución máxima en la modalidad auditivo-verbal se alcanzó a edades más tempranas (8 a 11 años) que el observado en la modalidad visoespacial-no

verbal (12 a 15 años). En los adultos se observó una disminución de las puntuaciones a partir del rango de los 46 a 55 años.

Se encontró diferencia entre la cantidad de información codificada y la evocada únicamente en la lista de palabras. Esta diferencia se observó principalmente en los niños de 8 a 15 años y en los adultos a partir de los 56 años. Estos resultados sugieren que cuando se nos da un tipo de estrategia de organización durante la etapa de codificación (como en la prueba de pares de palabras), o cuando la información está organizada dentro de un contexto (como en la prueba de historias), no hay pérdida de información en la evocación posterior. Entre los 16 y los 55 años de edad, además de haber niveles altos de codificación y evocación, la pérdida de información no es significativa después de la demora de tiempo manejada en este estudio.

Porcentajes de evocación. Los resultados anteriores se confirman al calcular el porcentaje de evocación y analizar el efecto de la edad. En el caso de la lista de pares de palabras no hubo un efecto significativo de la edad, mientras que si lo hubo para la lista de palabras, historias y figura de Rey-Osterreith.

Se ha reportado que los problemas de memoria observados en el envejecimiento reflejan diferencias en la codificación y en la evocación, más que en el almacenamiento o en la tasa de olvido, ya que el porcentaje de recuerdo permanece relativamente alto entre los adultos clínicamente normales, incluso en los grupos mayores (Cullum et al., 1990; Haaland et al., 2003; Marcopolus, McLain y Guiliani, 1997; Spreen y Strauss, 1998). Los resultados del presente estudio sugieren que la afirmación anterior depende del material empleado. Al tratarse de material con asociaciones explícitas, dicha afirmación se mantendría, sugiriendo que los problemas de memoria observados en el envejecimiento están más relacionados con la codificación y evocación de información, que con el almacenamiento. En el caso de palabras sin asociaciones explícitas, historias o figuras sin sentido, el problema de memoria incluiría también al almacenamiento

de información. Los resultados del presente estudio señalan que la disminución de almacenamiento puede presentarse desde el rango de los 66 a los 75 años para información auditivo-verbal en contexto (historias) y desde los 56 para material auditivo-verbal descontextualizado (lista de palabras) o material visoespacial-no verbal carente de significado (figura de Rey-Osterreith). En la niñez (8 a 11 años) el porcentaje de evocación también se encontró disminuido para material auditivo-verbal descontextualizado (lista de palabras).

Tipo de asociación de los pares de palabras. Los resultados del presente estudio mostraron que durante el envejecimiento hay un decremento de aciertos en la lista de pares palabras, y se buscó analizar con mayor detalle a qué se debía esta pérdida de información. El análisis del tipo de asociación entre los pares de palabras mostró un efecto significativo de la edad en los tres tipos de asociación, con tendencias mixtas. El nivel máximo de ejecución se alcanzó entre los 8 y los 11 años. Sin embargo, en los adultos se detectó una menor evocación de los pares de palabras sin asociación y de los pares con asociación fonológica a partir del rango de los 46 a 55 años, mientras que en los pares con asociación semántica la ejecución se mantuvo en el nivel máximo de ejecución hasta los 75 años. Al comparar la ejecución en los pares con asociación semántica y aquellos con asociación fonológica o sin asociación clara se encontró que la asociación semántica fue mayor que la no asociación (6 a 7 y 31 a 75 años) y que la fonológica (46 a 55 años). En conjunto, estos resultados nos indican que a pesar de que la codificación de pares de palabras se afecta durante el envejecimiento, es importante tomar en cuenta el tipo de asociaciones que pueden establecerse entre ellas. Como plantea el modelo de niveles de procesamiento (Challis et al., 1996; Craik y Lockhart, 1972), las asociaciones semánticas tienen un mayor grado de análisis cognitivo y dan lugar a huellas de memoria más duraderas. El análisis de resultados de esta prueba indica que, a pesar de que los ancianos obtienen menores puntuaciones en pruebas de memoria que los adolescentes y los jóvenes, no todos los aspectos de memoria se afectan en el envejecimiento y el uso de asociaciones semánticas favorece el recuerdo de este grupo de edad.

Codificación y evocación de palabras aisladas versus palabras asociadas. La comparación directa del funcionamiento de la memoria para palabras aisladas y pares de palabras asociadas mostró que los niños y adolescentes se benefician con el uso de asociaciones explícitas, mientras que los adultos tienen una ejecución similar con o sin la aplicación de asociaciones explícitas, lo cual podría estar relacionado con la disminución en el aprendizaje de pares sin asociaciones claras o con asociaciones fonológicas durante la fase de codificación de información.

Uso de estrategias durante la codificación de memoria. El análisis del uso espontáneo de estrategias en la codificación de una lista de palabras mostró un efecto de la edad únicamente en la organización por categorías del tercer ensayo. El nivel máximo de ejecución se alcanzó entre los 8 y los 11 años, y no se afectó durante el envejecimiento. Lo anterior sugiere que esta estrategia se adquiere a edad temprana y una vez que se ha adquirido se continúa utilizando durante el envejecimiento y apoya la idea de una conservación relativa de aspectos semánticos durante el envejecimiento. Sin embargo, la varianza entre grupos no quedó explicada por una relación lineal ni por una cuadrática, y se necesitan más investigaciones para estudiar, tanto el uso espontáneo de estrategias diferentes a las analizadas en esta investigación, como el efecto de la enseñanza de estrategias sobre la ejecución en pruebas de memoria.

Primacia y recencia. El análisis de la primacia y recencia de la lista de palabras también mostró efectos de la edad. En ambos casos el nivel de ejecución máxima se alcanzó entre los 8 y los 11 años. Mientras que en el caso de la primacia este nivel se mantuvo hasta los 75 años, en la recencia se afectó entre los 66 y los 75 años. Si, como se ha reportado en la literatura, la primacia está asociada con un procesamiento semántico (Craik y Lockhart, 1972) y vemos estos datos en conjunto con la relativa conservación de la fluidez semántica, de la organización semántica de las palabras y del uso de estrategias semánticas durante el

envejecimiento, los resultados indican una conservación relativa de la memoria semántica y una mayor afectación de la memoria episódica.

Recuperación de información verbal. Se encontró un efecto de la edad en la recuperación de material verbal con tendencias más cuadráticas que lineales, indicando una maduración temprana de esta función durante la niñez y un deterioro durante el envejecimiento. El nivel máximo de ejecución se alcanzó entre los 8 y los 11 años para la evocación libre y por claves, mientras que el reconocimiento a los 6-7 años ya tenía los niveles de ejecución de los jóvenes. En los adultos la evocación libre se afectó a partir de los 56-65 años, mientras que la evocación por claves y el reconocimiento se afectaron hasta los 66-75 años. La evocación por reconocimiento produjo un mayor recuerdo en los sujetos de todos los rangos de edad, lo cual sugiere que a pesar de que niños y ancianos tienen una ejecución más pobre que los jóvenes, la aplicación de algunas tareas para facilitar el recuerdo les ayuda. Estos resultados indican que la ejecución en tareas de memoria no tiene consistentemente la forma de una U invertida, sino que depende de lo que es medido y la forma en la que hace la medición.

Estas diferencias entre evocación y reconocimiento pueden estar relacionadas con la distinción entre familiaridad y recolección en la memoria. La familiaridad se define como un proceso relativamente automático de saber que un estímulo se ha encontrado previamente, mientras que la recolección involucra la recuperación de un recuerdo en las circunstancias exactas en las cuales se encontraba el estímulo (Atkinson y Joula, 1974; Banks, 2000; Dobbins, Foley, Shacter, y Wagner, 2002; Jacoby, 1991, Tulving, 1985). La comparación entre evocación libre y por reconocimiento indica que esta distinción entre la búsqueda estratégica de información en la memoria y el efecto de familiarización se mantiene desde los 6 hasta los 75 años (al igual que la distinción entre detección visual y stroop).

La ejecución en tareas de reconocimiento requiere hacer una discriminación entre información previamente aprendida e información novedosa. El análisis del

número de falsos positivos cometidos en la tarea de reconocimiento mostró que únicamente el grupo de 66 a 75 años cometió más errores de este tipo que el resto de los grupos. Lo anterior sugiere que la supresión de asociaciones irrelevantes es un proceso que madura temprano a lo largo del desarrollo, y que se afecta en el envejecimiento, dificultando la ejecución en tareas de memoria. El aumento en el número de falsos positivos podría también estar asociado con problemas de la memoria fuente (saber cuándo y dónde se encontró un estímulo) (Atkinson y Joula, 1974; Banks, 2000; Dobbins et al., 2002; Jacoby, 1991, Tulving, 1985) durante el envejecimiento.

Al igual que en el caso de la memoria de trabajo, la memoria episódica está asociada con el funcionamiento de una red neuronal formada por diferentes estructuras temporales (Eichenbaum et al., 1999; Scoville y Milner, 1957; Squire, 1992; Squire & Zola-Morgan, 1991; Stark & Squire, 2000) y frontales (Fletcher et al., 1995; Milner et al., 1991; Tulving et al., 1996; Ungerleider, 1995) De acuerdo con estudios realizados con técnicas de neuroimagen, el mejor predictor de la mejoría en el funcionamiento de la memoria observado durante la niñez posiblemente sea la disminución del volumen de la materia gris del lóbulo frontal (Sowell et al., 2001) ya antes descrita. El deterioro de las funciones de memoria durante el envejecimiento posiblemente esté relacionado con una activación de la corteza prefrontal derecha en los jóvenes y una activación bilateral de dicha corteza en los adultos mayores (Madden et al., 1999).

En el presente estudio se mostró que durante la niñez y la adolescencia habilidades cognitivas, como la atención y la memoria, maduran y se vuelven más eficientes. Así mismo, se planteó que estos cambios que con el tiempo ocurren en la cognición, pueden estar correlacionados con cambios en la estructura cerebral, entre ellos, un incremento lineal de la sustancia blanca, un incremento de la sustancia gris cortical y subcortical en la etapa preadolescente, seguido por una disminución en la etapa postadolescente, un aumento de las arborizaciones dendríticas, modificaciones en el tamaño de estructuras cerebrales

y modificaciones en los patrones de activación cerebral. Estos cambios parecen ser regionales y se ha sugerido que las áreas frontales son las últimas en madurar (Casey et al., 2000; Durston et al., 2001; Gómez-Pérez, Ostrosky-Solís y Prospero-García, 2003). Esta maduración prolongada, particularmente la región dorsolateral, posiblemente cumpla funciones como la integración de las representaciones de memoria, con las respuestas que guían la conducta hacia las metas deseadas (Luciana y Nelson, 1998).

Al parecer, las últimas regiones en madurar son también las más susceptibles al proceso de envejecimiento, ya que se ha señalado que durante esta etapa hay una degeneración desproporcionada de las áreas frontales, en comparación con la corteza temporal o la corteza sensoriomotora (Casey et al., 2000).

Con el envejecimiento hay cambios en regiones como el hipocampo (Gallagher & Nicolle, 1993; Geinisman, de Toledo-Morrell, Morrell, Persina y Rossi, 1992). Sin embargo, algunos descubrimientos de la neurobiología sugieren que los deterioros relacionados a la edad son más evidente en los lóbulos frontales que en cualquier otra área cortical (Fuster, 1989; Haug et al., 1983; Smith, 1984; Woodruff-Pak, 1997). Los cambios reportados en la región frontal incluyen: una reducción del volumen más marcado que en las áreas temporales, parietales y occipitales, probablemente debida a una reducción del tamaño de las células consecuente a una pérdida de conexiones entre las mismas (Haug y Eggers, 1991), una disminución de la concentración de neurotransmisores como la dopamina (Goldman-Rakic y Brown, 1981), una mayor concentración de placas seniles (Heilbroner y Kemper, 1990) y cambios funcionales que muestran tasas reducidas de activación cerebral (Cabeza et al., 1997; Madden et al., 1999).

Este patrón de desarrollo del sistema nervioso podría estar relacionado con las diferencias observadas entre las tareas analizadas, donde aquellas relacionadas con el funcionamiento de los lóbulos frontales mostraron un mayor deterioro que las relacionadas con estructuras temporales o parietales.

La importancia de los lóbulos frontales para explicar los cambios cognoscitivos, estructurales y funcionales durante la niñez, se ha señalado en aproximaciones que han tratado de identificar principios subyacentes a los cambios cognoscitivos, observados durante el desarrollo. Una de estas aproximaciones postula que los procesos inhibitorios pueden contribuir a los cambios durante el desarrollo, ya que las diferencias relacionadas con la edad, en la habilidad para inhibir, se observan en un amplio rango de tareas; por ejemplo, los niños se vuelven menos sensibles al ruido en tareas de atención selectiva (Plude et al., 1994), y a los distractores en las tareas de memoria (Bjorklund y Harnishfeger, 1990). Así, se plantea que la inhibición de respuestas está relacionada con otros procesos cognoscitivos y que, a pesar de que la inhibición y procesos como la atención y la memoria con frecuencia son tratados como tres constructos psicológicos diferentes, algunos aspectos pueden ser parte de un constructo único (Casey et al., 2000).

Este interés en la habilidad de inhibición se ha materializado en modelos sobre el desarrollo cognoscitivo, tanto en la niñez como en el envejecimiento (Bjorklund y Harnishfeger, 1990; Braver y Barch, 2002; Dempster, 1992). Estos modelos han buscado identificar los mecanismos básicos responsables de la gran variedad de cambios cognoscitivos y conductuales, y recientemente se ha intentado relacionarlos con la maduración de la estructura cerebral, particularmente de los lóbulos frontales.

Investigaciones previas sobre el desarrollo de la atención y de la memoria han estudiado a grupos de personas dentro de un rango de edad reducido, empleando tareas diferentes y limitándose a analizar únicamente ciertos tipos de atención o de memoria de manera aislada. Al haber estudiado un rango de edad más amplio, utilizando las mismas tareas y diferentes tipos de atención y de memoria, las aportaciones del presente estudio pueden resumirse en los siguientes puntos:

1. Se describió una secuencia en el desarrollo de diferentes tipos de atención y diferentes tipos de memoria. De acuerdo con esta secuencia no todos los tipos de

atención y memoria se desarrollan en el mismo momento, ni todos se afectan de igual manera.

2. Al comparar en un solo estudio funciones de atención y de memoria se encontró que la atención tiene un desarrollo más prolongado durante la niñez, mientras que la memoria adquiere niveles de maduración a edades más tempranas y muestra un deterioro gradual y más prolongado durante el envejecimiento.

3. Al comparar diferentes tipos de atención se encontró que la distinción planteada en los trabajos de Posner y Snyder (1975) y de Schneider et al. (1994), sobre los procesos automáticos y los controlados, parece ser un proceso muy básico que se mantiene constante a lo largo del desarrollo. Ambos aspectos parecen desarrollarse de una manera similar y paralela desde los niños hasta los ancianos. La mayor capacidad de atención observada en los grupos de adolescentes y jóvenes no parece facilitar la inhibición de respuestas automáticas versus respuestas no automáticas.

4. Utilizando diferentes pruebas de memoria en un solo estudio y un rango más amplio de edad se encontró que:

4.1 Existe una maduración más temprana de la extensión de memoria, o capacidad de atención, en comparación con la memoria de trabajo.

4.2 La distinción de almacenes individuales para la información verbal y visoespacial dentro de la memoria de trabajo se encuentra presente desde niños hasta adultos.

4.3 En los niños, el nivel de ejecución máxima en la codificación y evocación de material auditivo-verbal se alcanzó a edades más tempranas, que en la modalidad visoespacial-no verbal. Al comparar la ejecución en la codificación y evocación de

palabras aisladas y palabras asociadas, los niños y adolescentes se benefician con el uso de asociaciones explícitas.

4.4 En los adultos, la capacidad de almacenamiento varía dependiendo del material empleado, ya que la edad en la cual empieza el deterioro se modifica en función de la prueba utilizada. En el envejecimiento hubo una relativa conservación de aspectos semánticos de la memoria, en comparación con aspectos episódicos. Una de las fallas que podrían estar asociadas con la ejecución pobre de los adultos mayores en pruebas de memoria es la presencia de asociaciones irrelevantes.

Un desafío para investigaciones futuras es continuar la identificación de los cambios neurofisiológicos y neuroanatómicos básicos responsables de estos cambios en el funcionamiento cognoscitivo. Una limitación de la presente investigación es que se trata de un diseño transversal, en el cual se describió una secuencia de desarrollo cognoscitivo a través del análisis de diferentes sujetos con diferentes edades. Estudios posteriores deberán también realizar análisis longitudinales sobre la relación entre el desarrollo del funcionamiento cerebral y cognoscitivo, lo cual permitirá analizar en un mismo grupo de personas el desarrollo a través del tiempo de funciones como la atención o la memoria.

VI. REFERENCIAS

- Adeleman, N. E., Menon, V., Blasey, C. M., White, C. D., Warsofsky, I. S., Glover, G. H. et al. (2002). A Developmental fMRI Study of the Stroop Color-Word Task. *NeuroImage*, 16, 61–75.
- Alexander, G. E., DeLong, M. R. & Strick, P. (1986). Parallel organization of functionally segregated circuits linking basal ganglia and cortex. *Annual Review of Neuroscience*, 9, 357-381.
- Ardila, A. & Rosselli, M. (1992). *Neuropsicología Clínica*. Medellín: Prensa Creativa.
- Atkinson, R. C. & Joula, J. G. (1974). Search and decision processes in recognition memory. En Atkinson, R. C. & Luce, D. H. (Eds). *Contemporary developments in mathematical psychology*. San Francisco: Freeman.
- Atkinson, R. C. & Shiffrin, R. M. (1968). Human Memory: A proposed system and its control processes. En Spence, K. W. & Spence, J. T. (Eds.). *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory*, Vol. II. Nueva York: Academic Press.
- Aveleyra, E., Gómez, C. Ostrosky-Solís, F. Rigalt, C., & Cruz, F. (1996). Adaptación de los estímulos no verbales de Snodgrass y Vanderwart en población hispanohablante: Criterios para la denominación, concordancia de la imagen, familiaridad y complejidad visual. *Revista Mexicana de Psicología*, 13, 5–19.
- Aylward, E. H., Reiss, A. L., Reader, M. J., Singer, H. S., Brown, J. E. & Denckla, M. B. (1996). Basal ganglia volumes in children with attention-deficit hyperactivity disorder. *Journal of Child Neurology*, 11(2),112-115.
- Babcock, R. L., Laguna, K. D. & Roesch, S. C. (1997). A comparison of the factor structure of processing speed for younger and older adults: testing the assumptions of measurement equivalence across age groups. *Psychology and Aging*, 12, 268-276.
- Baddeley, A. D. (1966). Short term memory for word sequences as a function of acoustic, semantic, and formal similarity. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 18, 362-365.

- Baddeley, A. D. (1992). Working Memory. *Science*, 255, 556-559.
- Baddeley, A. D. (1998). Working memory. *C R Acad Sci III*, 321 (2-3), 167-173.
- Baddeley, A. D. & Hitch, G. (1974). Working memory. En Bower, G. A. (Ed.). *Recent advances in learning and motivation*, Vol. 8. Nueva York: Academic Press.
- Baltes, P. B. (1987). Theoretical propositions of life-span developmental psychology: On the dynamics between growth and decline. *Developmental psychology*, 23 (5): 611-626.
- Banich, M. T. (1997). *Neuropsychology. The neural bases of mental function*. Nueva York: Houghton Mifflin Company.
- Banks, W. P. (2000). Recognition and source memory as multivariate decision processes. *Psychological Science*, 11, 267-273.
- Becker, L. E., Armstrong, D. L., Chan, F. & Wood, M. M. (1984). Dendritic development in human occipital cortical neurons. *Developmental Brain Research*, 13, 117-124.
- Belleville, S., Peretz, I. & Arguin, H. (1992). Contribution of articulatory rehearsal to short-term memory: evidence from a case of selective disruption. *Brain and Language*, 43, 713-746.
- Belleville, S., Rouleau, N. & Caza, N. (1998). Effect of normal aging on the manipulation of information in working memory. *Memory and Cognition*, 26 (3), 572-583.
- Benes, F. (1998). Brain Development VII: Human brain growth spans decades. *American Journal of Psychiatry*, 155, 1489.
- Bjorklund, D. E. (1995). *Children's thinking: Developmental function and individual differences*. Pacific Grove: CA: Books / Cole Publishing.
- Bjorklund, D. E. & Harnishfeger, K. K. (1987). Developmental differences in the mental effort requirements for the use of an organizational strategy in free recall. *Journal of Experimental Child Psychology*, 44, 109-125.
- Bjorklund, D. E. & Harnishfeger, K. K. (1990). The resources construct in cognitive development: diverse sources of evidence and theory of inefficient inhibition. *Developmental Review*, 10, 48-71.

- Braver, T. S. & Barch, D. M. (2002). A theory of cognitive control, aging cognition, and neuromodulation. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 26, 809-817.
- Broadbent, N. J., Squire, L. R. & Clark, R. E. (2004). Spatial memory, recognition memory, and the hippocampus. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(40), 14515-14520.
- Bryan, J., Luszcz, M. A. & Crawford, J. R. (1997). Verbal knowledge and speed of information processing as mediators of age differences in verbal fluency performance among older adults. *Psychology and Aging*, 12, 473-478.
- Bunge, S. A., Dudukovic, N. M., Thomason, M. E., Vaidya, C. J. & Gabrieli, J. D. E. (2002). Immature Frontal Lobe Contributions to Cognitive Control in Children: Evidence from fMRI. *Neuron*, 33: 301-311.
- Bunge, S. A., Klinberg, T., Jacobsen, R. B. & Gabrieli, J. D. E. (2000). A resource model of the neural basis of executive working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97 (7), 3573-3578.
- Burgeois, J. P., Goldman-Rakic, P. S. & Rakic, P. (1994). Synaptogenesis in the prefrontal cortex of rhesus monkeys. *Cerebral Cortex*, 4, 78-96.
- Cabeza, R., Anderson, N. D., Houle, S., Mangels, J. A. & Nyberg, L. (2000). Age-related differences in neural activity during item and temporal-order memory retrieval: A positron Emission Tomography study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12 (1), 197-206.
- Cabeza, R., Grady, C. L., Nyberg, L., McIntosh, A. R., Tulving, E., Kapur, S. et al. (1997). Age-related differences in neural activity during memory encoding and retrieval: A positron emission tomography study. *Journal of Neuroscience*, 17, 391-400.
- Casey, B. J., Giedd, J. N. & Thomas, K. M. (2000). Structural and functional brain development and its relation to cognitive development. *Biological Psychology*, 54, 241-257.
- Casey, B. J., Trainor, R., Giedd, J., Vauss, Y., Vaituzis, C. K., Hamburger, S., et al. (1997). The role of the anterior cingulate in automatic and controlled processes: a developmental neuroanatomical study. *Developmental Psychobiology*, 30, 61-69.

- Casey, B. J., Trainor, R. J., Orendi, J. L., Schubert, A. B., Nystrom, L. E., Giedd, J. N., et al. (1997). A developmental functional MRI study of prefrontal activation during performance of a go-no-go task. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9, 835-847.
- Challis, B. H., Velichkovsky, B. M. & Craik, F. I. M (1996). Levels of processing effects on a variety of memory tasks: New findings and theoretical implications. *Conscious Cognition*, 5 (1-2), 142-164.
- Cohen, J. D., Botvinick, M. & Carter, C. S. (2000). Anterior cingulate and prefrontal cortex: who's in control?. *Nature Neuroscience*, 3 (5), 421-423.
- Cohen, M. J., Morgan, A. M. & Vaughn, M. (1999). Verbal fluency in children: Developmental issues and differential validity in distinguishing children with Attention Deficit Hiperactivity Disorder and two subtypes of dyslexia. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 14 (5), 433-443.
- Cohen, N. J., Eichenbaum, H. E., Deacedo, B. S. & Corkin, S. (1985). Different memory systems underlying acquisition of procedural and declarative knowledge. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 444, 54-71.
- Cohen, R. A., Sparling-Cohen, Y. A. & O'Donnell, B. F. (1993). *The Neuropsychology of Attention*. Nueva York: Plenum Press.
- Cohn, N. B., Dustman, R. E. & Bradford, D. C. (1984). Age-related decrements in Stroop color test performance. *Journal of Clinical Psychology*, 40, 1244-1250.
- Comalli, P. E. Jr., Wapner, S. & Werner, H. (1962). Interference effects of Stroop color-word test in childhood, adulthood and aging. *Journal of the Genetic Psychology*, 100, 47-53.
- Craig, G. (1988). *Desarrollo Psicológico*. México: Prentice Hall.
- Craik, M. I. F. & Lockhart, R. S. (1972). Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of verbal Learning and verbal Behavior*, 11, 671-684.
- Crottaz-Herbette, S., Anagnoson, R. T. & Menon, V. (2004). Modality effects in verbal working memory: differential prefrontal and parietal responses to auditory and visual stimuli. *Neuroimage*, 21 (1), 340-51.

- Cullum, C. M., Butters, N., Troster, A. & Salmon, D. (1990). Normal aging and forgetting rates on the Wechsler Memory Scale-Revised. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 5, 23-30.
- Cummings, J. L. & Benson, F. (1992). *Dementia: a clinical approach*. Nueva York: Plenum Press.
- Daigneault, S., Braun, M. J. & Whitaker, H. A. (1992). Early effects of normal aging on perseverative and non-perseverative prefrontal measures. *Developmental Neuropsychology*, 8, 99-114.
- Damasio, A. R., Damasio, H. & Chang Chui, H. (1980). Neglect following damage to frontal lobe or basal ganglia. *Neuropsychologia*, 18, 123-132.
- Davis, H. P., Cohen, A., Gandy, M., Colombo, P., VanDusseldorp, G., Simolke, N. et al. (1990). Lexical priming deficits as a function of age. *Behavioral Neuroscience*, 104, 288-297.
- De Luca, C. R., Wood, S. J., Anderson, V., Buchanan, J.-A., Proffitt, T. M., Mahony, K. et al. (2003). Normative data from the Cantab. I: Development of executive function over the lifespan. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 25 (2), 242-254.
- De Renzi, E., Liotti, M. & Nichelli, P. (1987). Semantic amnesia with preservation of autobiographic memory. A case report. *Cortex*, 23, 575-597.
- Deiber, M. P., Passingham, R. E., Colebatch, J. G., Friston, K. J., Nixon, P. D. & Frackowiak, R. S. J. (1991). Cortical areas and the selection of movement: A study with positron emission tomography. *Experimental Brain Research*, 84, 393-402.
- DeMarie, D. & Ferron, J. (2002). Capacity, strategies, and metamemory: tests of a three-factor model of memory development. *Journal of Experimental Child Psychology*, 84, 167-193.
- Dempster, F. N. (1992). The rise and fall of the inhibitory mechanism: Toward a unified theory of cognitive development and aging. *Developmental Review*, 12, 45-75.
- Dobbins, I. G., Foley, H., Shacter, D. L. & Wagner, A. D. (2002). Executive control during episodic retrieval: Multiple prefrontal processes subserve source memory. *Neuron*, 35, 989-996.

- Durston, S., Hulshoff, P. H. E., Casey, B. J., Giedd, J. N., Buitelaar, J. K. & van Engeland, H. (2001). Anatomical MRI of the developing human brain: what have we learned?. *Journal of the American Academy of Children and Adolescent Psychiatry*, 40, 1012-1020.
- Dusek, J. A. & Eichenbaum, H. (1997). The hippocampus and memory for orderly stimulus relations. *Proceedings of the National Academy of Science USA*, 94, 7109-7114.
- Eichenbaum, H. B., Cahill, L. F., Gluck, M. A., Hasselmo, M. E., Keil, F. C., Martin, A. J. et al. (1999). Learning and memory: System analysis. En Zigmond, M. J., Bloom, F. E., Ladis, S. C., Roberts, J. L. & Squire, L. R. (Eds.). *Fundamental Neuroscience*. San Diego: Academic Press.
- Enns, J. T. (1993). What can be learned about attention from studying its development?. *Canadian Psychology*, 34 (3), 271-316.
- Enns, J. T. & Akhtar, N. (1989). A Developmental study of filtering in visual attention. *Child Development*, 60, 1188-1199.
- Fletcher, T. C., Frith, C. D., Grasby, P. M., Shallice, T. & Frackowiak, R. S. J. (1995). Brain systems for encoding and retrieval of auditory-verbal memory: an in vivo study in humans. *Brain*, 118, 401-416.
- Flowers, D. L., Jones, K., Noble, K., VanMeter, J., Zeffiro, T. A., Wood, F. B. et al. (2004). Attention to single letters activates left extrastriate cortex. *Neuroimage*, 21(3), 829-39.
- Frisk, V. & Milner, B. (1990). The relationship of working memory to the immediate recall of stories following unilateral temporal or frontal lobectomy. *Neuropsychologia*, 28, 121-135.
- Frith, C. D., Friston, K. J., Liddle, P. F. & Frackowiak, R. S. J. (1991). A PET study of word finding. *Neuropsychologia*, 29, 1137-1148.
- Fuster, J. M. (1973). Unit activity in prefrontal cortex during delayed-response performance: neuronal correlates of transient memory. *Journal of Neurophysiology*, 36(1), 61-78.
- Fuster, J. M. (1989). *The prefrontal cortex*. Nueva York: Raven Press.
- Fuster, J. M. (1997). Network memory. *Trends in Neuroscience*, 20, 451-459.

- Fuster, J. M. (2000). Executive frontal functions. *Experimental Brain Research*, 133, 66-70.
- Gabrieli, J. D. (1996). Memory systems analyses of mnemonic disorders in aging and age-related diseases. *Proceedings of the National Academy of Science*, 93, 13534-13540.
- Gallagher, M. & Nicolle, M.M. (1993). Animal models of normal aging: relationship between cognitive decline and markers in hippocampal circuitry. *Behavioral Brain Research*, 57 (2), 155-162.
- Gathercole, S. E. (1994). Neuropsychology and working memory. *Neuropsychology*, 8, 494-505.
- Gathercole, S. E. (1998). The development of memory. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 39 (1), 3-27.
- Gazzaniga, M. S., Ivry, R. B. & Mangun, G. R. (1998). *Cognitive neuroscience: the biology of the mind*. Nueva York: W. W. Norton.
- Geinisman, Y., de Toledo-Morrell, L., Morrell, F., Persina, I. S., Rossi, M. (1992). Age-related loss of axospinous synapses formed by two afferent systems in the rat dentate gyrus as revealed by the unbiased stereological dissector technique. *Hippocampus*, 2 (4), 437-444.
- Giedd, J. N., Blumenthal, J., Jeffries, N. O., Castellanos, F. X., Lui, H., Zijdenbos, A. et al. (1999). Brain development during childhood and adolescence: a longitudinal MRI study. *Nature Neuroscience*, 2, 861-863.
- Gillund, G. (1984). A retrieval model for both recognition and recall. *Psychological Review*, 91 (1), 1-67.
- Gnadt, J. W. & Andersen, R. A. (1988). Memory related motor planning activity in posterior parietal cortex of macaque. *Experimental Brain Research*, 70(1), 216-20.
- Goldman-Rakic, P. S. & Brown, R. M. (1981). Regional changes of monoamines in cerebral cortex and subcortical structures of aging rhesus monkeys. *Neuroscience*, 6, 177-187.
- Gomes, H., Molholm, S., Christodoulou, C., Ritter, W. & Cowan, N. (2000). The development of auditory attention in children. *Frontiers in Bioscience*, 5, d108-120.

- Gómez-Pérez, E., Ostrosky-Solís, F. & Próspero-García, O. (2003). Desarrollo de la atención, la memoria y los procesos inhibitorios: relación temporal con la maduración de la estructura y función cerebral. *Revista de Neurología*, 37 (6), 567-567.
- Grafman, J., Litvan, I., Massaquoi, S., Stewart, J., Sirigu, A. & Hallet, M. (1992). Cognitive planning deficit in patients with cerebellar degeneration. *Neurology*, 42, 1493-1496.
- Gronwall, D. M. A. (1977). Paced auditory serial-addition task: a measure of recovery from concussion. *Perceptual and Motor Skills*, 44, 367-373.
- Groth, K. E. & Allen, P. A. (2000). Visual attention and aging. *Frontiers in Bioscience*, 5, d284-297.
- Guttentag, R. E. & Ornstein, P. A. (1990). Attentional capacity and children's memory strategy use. En: Enns, J. T. (Ed.), *The development of attention: Research and theory*. Amsterdam: North-Holland.
- Haaland, K. Y., Price, L. & Larue, A. (2003). What does the WMS-III tell us about memory changes with normal aging. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 9, 89-96.
- Hale, S., Bronik, M. D. & Fry, A. F. (1997). Verbal and spatial working memory in school-age children: Developmental differences in susceptibility to interference. *Developmental Psychology*, 33 (2), 364-371.
- Hanley, J. R., Young, A. W. & Pearson, N. A. (1991). Impairment of the visuo-spatial sketch pad. *Quarterly Journal of Experimental Psychology (A)*, 43, 101-125.
- Hassler, R. (1978). Striatal control of locomotion, intentional actions and of integrating and perceptive activity. *Journal of the Neurological Sciences*, 36, 187-224.
- Haug, H. & Eggers, R. (1991). Morphometry of the human cortex cerebri and corpus striatum during aging. *Neurobiology of Aging*, 12, 336-338.
- Haug, H., Barmwater, U., Eggers, R., Fischer, D., Kuhl, S. & Sass, N. L. (1983). Anatomical changes in aging brain: Morphometric analysis of the human prosencephalon. En Cervos-Navarro, J. & Sarkander, H. I. (Eds). *Brain aging: Neuropathology and neuropharmacology*. Nueva York: Raven Press.

- Haxby, J. V., Horwitz, B., Ungerleider, L. G., Marsog, J. Ma., Pietrini, P. & Grady, C. L. (1994). The functional organization of human extrastriate cortex: A PET rCBF study of selective attention of faces and locations. *Journal of Neuroscience*, 14, 6336-6353.
- Heilbroner, P. L. & Kemper, T. (1990). Cytoarchitectonic distribution of senile plaques in three aged monkeys. *Acta Neuropathologica*, 81, 60-65.
- Heindel, W. C., Salmon, D. P., Shults, C. W., Walicke, P. A. & Butters, N. (1989) Neuropsychological evidence for multiple implicit memory systems: a comparison of Alzheimer's, Huntington's, and Parkinson's disease patients. *Journal of Neuroscience*, 9 (2), 582-587.
- Hermann, B. P. & Wyler, A. R. (1988). Neuropsychological outcome of anterior temporal lobectomy. *Journal of Epilepsy*, 1, 135-145.
- Hulme, C., Thomson, N., Muir, C. & Lawrence, A. (1984). Speech rate and the development of short-term memory span. *Journal of Experimental Child Psychology*, 38, 241-253.
- Hultsch, D. F., Hertzog, C., Small, B. J. & McDonald-Miszczak, L. (1992). Short-term longitudinal change in cognitive performance in later life. *Psychology and Aging*, 7, 571-584.
- Huttenlocher, P. R. & Dabholkar, A. S. (1997). Regional differences in synaptogenesis in human cerebral cortex. *Journal of Comparative Neurology*, 387, 167-178.
- Isaacs, E. B. & Vargha-Khadem, F. (1989). Differential course of development of spatial and verbal memory span: A normative study. *British Journal of Developmental Psychology*, 7, 377-380.
- Jacoby, L. L. (1991). A process dissociation framework: separating automatic from intentional uses of memory. *Journal of Memory & Language*, 30, 513-541.
- Janowsky, J. S., Shimamura, A. P. & Squire, L. R. (1989). Source memory impairment in patients with frontal lobe lesions. *Neuropsychologia*, 27 (8), 1043-1056.

- Jenkins, L., Myerson, J., Joerding, J. A. & Hale, S. (2000). Converging evidence that visuospatial cognition is more age-sensitive than verbal cognition. *Psychology and aging*, 15, 157-175.
- Kami, A., Meyer, G., Jezzard, P., Adams, M. M., Turner, R. & Ungerleider, L. G. (1995). Functional MRI evidence for adult motor cortex plasticity during motor skill learning. *Nature*, 377, 155-158.
- Kandel, E. R., Schwartz, J. H. & Jessell, T. M. (2000). *Principles of neural science*. Nueva York: McGraw-Hill.
- Klenberg, L., Korkman, M. & Lahti-Nuutila, P. (2001). Differential development of attention and executive functions in 3-to 12- year old Finnish children. *Developmental Neuropsychology*, 20, 407-428.
- Koski, L., Paus, T., Hofle, N. & Petrides M. (1999). Increased blood flow in the basal ganglia when using cues to direct attention. *Experimental Brain Research*, 129 (2), 241-6.
- Kozora, E. & Cullum, C. M. (1995). Generative naming in normal aging: total output and qualitative changes using phonemic and semantic constraints. *The Clinical Neuropsychologist*, 9, 313, 325.
- Lane, R. D., Reiman, E. M., Axelrod, B., Yun, L.-S., Holmes, A. & Schwartz, G. E. (1998). Neural correlates of levels of emotional awareness: evidence of an interaction between emotion and attention in the anterior cingulate cortex. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10, 525-535.
- Langenecker, S. A., Nielson, K. A., & Rao, S. M. (2004). fMRI of healthy older adults during Stroop interference, *NeuroImage* 21, 192– 200.
- Larrabee, G.J. & Crook, T.H. III (1996). Computers and memory. En Grant, I. & Adams, K. M. (Eds.), *Neuropsychological assessment of neuropsychiatric disorders*. (pp. 102-117). Nueva York: Oxford University Press.
- Laurent, B. & Dirx, E. (1994). La memoria y el envejecimiento. *Mundo Científico*, 150 (14), 870-874.
- Lerner, R. M. (1984). *On the nature of human plasticity*. Nueva York: Cambridge University Press.

- Lewis, R., Kelland, D. Z. & Kupke, T. (1990). A normative study of the Repeatable Cognitive-Perceptual-Motor Battery. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 5, 201.
- Lezak, M. D. (1995). *Neuropsychological assessment*. Nueva York: Oxford University Press.
- Libon, D. J., Glosser, G., Malamut, B. L., Kaplan, E., Goldberg, E., Swenson, R. et al. (1994). Age, executive functions, and visuospatial functioning in healthy older adults. *Neuropsychology*, 8, 38-43.
- 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.
- Luna, B., Thulborn, K. R., Munoz, D. P., Merriam, E. P., Garver, K. E., Minshew, N. J., et al. (2001). Maturation of widely distributed brain function subserves cognitive development. *Neuroimage*, 13, 786-793.
- MacDonald, A. W., Cohen, J. D., Stenger, V. W. & Carter, C. S. (2000). Dissociating the role of the dorsolateral prefrontal and anterior cingulate cortex in cognitive control. *Science*, 288 (5472), 1835-1838.
- Madden, D. J., Turkington, T. G., Provenzale, J. M., Denny, L. L., Hawk, T. C., Gottlob, L. R. et al. (1999). Adult age differences in the functional neuroanatomy of verbal recognition memory. *Human Brain Mapping*, 7, 115-135.
- Marcopolus, B. A., McLain, C. A. & Guiliani, A. J. (1997). Cognitive impairment or inadequate norms?. A study of healthy, rural, older adults with limited education. *The Clinical Neuropsychologist*, 11, 111-131.
- Matsuzawa, J., Matsui, M., Konishi, T., Noguchi, K., Gur, R. C., Bilker, W. et al. (2001). Age-related volumetric changes of brain and white matter in healthy infants and children. *Cerebral Cortex*, 11, 335-342.
- Mesulam, M. M. (1987). Attention, confusional states and neglect. En Mesulam, M. M. (Ed). *Principles of behavioral neurology* (pp 125-168). F A Davis, Philadelphia.
- Mesulam, M. M. (1990). Large-scale neurocognitive networks and distributed processing for attention, language and memory. *Annals of Neurology*, 28, 5, 597-610.

- Mesulam, M. M. (1999). Spatial attention and neglect: parietal, frontal and cingulate contributions to the mental representation and attentional targeting of salient extrapersonal events. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 354, 1325-1346.
- Milham, M. P., Erickson, K. I., Banich, M. T., Kramer, A. F., Webb, A., Wszalek, T. et al. (2002). Attentional Control in the Aging Brain: Insights from an fMRI Study of the Stroop Task. *Brain and Cognition*, 49, 277-296.
- Milner, B., Corsi, P. & Leonard, G. (1991). Frontal lobe contribution to recency judgements. *Neuropsychologia*, 29, 601-618.
- Mirsky, A. F. (1989). The neuropsychology of attention: Elements of a complex behavior. En Perecman, E. (Ed). *Integrating theory and practice in clinical neuropsychology*. Hillsdale: Laurence Erlbaum.
- Mirsky, A. F., Anthony, B. J., Duncan, C. C., Ahearn, M. B. & Kellman, S. G. (1991). Analysis of the elements of attention: a neuropsychological approach. *Neuropsychology Review*, 2 (2), 109-145.
- Mirsky, A. F., Fantie, B. D. & Tatman, J. E. (1995). Assessment of attention across the lifespan. En Mapou, R. L. & Spector, J. (Eds). *Clinical Neuropsychological Assessment. A cognitive approach*. Nueva York: Plenum Press.
- Mirsky, A. F., Primac, D. W., Marson, C. A., Rosvold, H. E. & Stevens, J. R. (1960). A comparison of the psychological test performance of patients with focal and non-focal epilepsy. *Experimental Neurology*, 2, 75-89.
- Mittenberg, W., Seidenberg, M., O'Leary, D. S. & DiGiulio, D. V. (1989). Changes in cerebral functioning associated with normal aging. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 11, 918-932.
- Morris, R. G. M., Garrud, P., Rawlins, J. N. P. & O'Keefe, J. (1982). Place navigation impaired in rats with hippocampal lesions. *Nature*, 297, 681-683.
- Moruzzi, G. & Magoun, H. W. (1949). Brain stem reticular formation and activation of the EEG. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 1, 455-473.
- Moscovitch, M. (1995). Confabulation. En Schacter, D. L., Coyle, J. T., Fishbach, G. D., Mesulam, M. M., & Sullivan, L. E. (Eds.). *Memory distortion: How minds*,

- brains and societies reconstruct the past* (pp. 226-254). Cambridge: Harvard University Press.
- Mrzljak, L., Uylings, H. B. M., Van Eden, C. G., Judas, M. (1990). Neuronal development in human prefrontal cortex in prenatal and postnatal stages. *Progress in Brain Research*, 85, 185-222.
- Nyberg, L., Persson, J., Habib, R., Tulving, E., McIntosh, R., Cabeza, R. & et al. (2000). Large scale neurocognitive networks underlying episodic memory. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12 (1), 163-173.
- O'Keefe, J. (1976). Place units in the hippocampus of the freely moving rat. *Experimental Neurology*, 51, 78-109.
- O'Keefe, J. & Nadel, I. (1978). *The hippocampus as a cognitive map*. London: Oxford University Press (Clarendon).
- O'Keefe, J. & Speakman, A. (1987). Single unit activity in the rat hippocampus during spatial memory task. *Experimental Brain Research*, 68, 1-27.
- Orzhekhovskaya, N. S. (1981). Fronto-striatal relationships in primate ontogeny. *Neuroscience & Behavioral Physiology*, 11, 379-385.
- Ostrosky-Solís, F., Gómez, E., Matute, E., Roselli, M., Ardila, A. & Pineda, D. (2003). *Neuropsi atención y memoria 6 a 85 años*. México: American Book Store.
- Ostrosky-Solís, F., Jaime, R. M. & Ardila, A. (1998). Memory habilitéis during normal aging. *International Journal of Neuroscience*, 93 (1-2), 151-162.
- Panek, P. E., Rush, M. C. & Slade, L. A. (1984). Focus of the age-Stroop interference relationship. *Journal of Genetic Psychology*, 145, 209-216.
- Pascual-Leone, J. (1970). A mathematical model for the transition rule in Piaget's developmental stages. *Acta Psychologica*, 63, 301-345.
- Patterson, K. & Hodges, J. R. (1995). Disorders of semantic memory. En Baddeley, A. D., Wilson, B. A. & Watts, F. N. (Eds.). *Handbook of Memory Disorders* (pp. 167-186). Chichester: Wiley.
- Paulesu, E., Frith, C. D. & Frackowiak, R. S. J. (1993). The neural correlates of the verbal component of the verbal component of working memory. *Nature*, 362, 342-345.

- Paus, T., Kalina, M., Patockova, L., Angerova, Y., Cerny, R., Mecir, P. et al. (1991). Medial versus lateral frontal lobe lesions and differential impairment of central-gaze fixation maintenance in man. *Brain*, 114, 2051-2067.
- Paus, T., Petrides, M., Evans, A. & Meyer, E. (1995). Role of the human anterior cingulate cortex in the control of oculomotor, manual and speech responses: A positron emission tomography study. *Journal of Neurophysiology*, 70, 453-469.
- Paus, T., Zijdenbos, A., Worsley, K., Collins, D. L., Blumenthal, J., Giedd, J. N. et al. (1999). Structural maturation of neural pathways in children and adolescents: In vivo study. *Science*, 283, 1908-1911.
- Persson, J., Sylvester, C.-Y. C., Nelson, J. K., Welsh, K. M., Jonides, J. & Reuter-Lorenz, P. A. (2004). Selection requirements during verb generation: differential recruitment in older and younger adults. *NeuroImage*, 23, 1382-1390.
- Pfefferbaum, A., Mathalon, D. H., Sullivan, E. V., Rawles, J. M., Zipursky, R. B. & Lim, K. O. (1994). A quantitative magnetic resonance imaging study of changes in brain morphology from infancy to late adulthood. *Archives of Neurology*, 51 (9), 874-887.
- Phillips, L. H. & Forshaw, M. J. (1988). The role of working memory in age differences in reasoning. En Logie, R. H. & Gilhooly, K. J. (Eds.). *Working memory and Thinking*. University of Aberdeen, Scotland: Psychology Press.
- Plaut, D. C. & Farah, M. J. (1990). Visual object representation. Interpreting neuropsychological data within a computational framework. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2, 320-343.
- Plude, D. J., Enns, J. T. & Brodeur, D. (1994). The development of selective attention: A life-span overview. *Acta Psychologica*, 86, 227-272.
- Posner, M. I. (1975). The psychobiology of attention. En Gazzaniga, M. S. & Blakemore, C. (Eds.), *Handbook of Psychobiology*. (pp. 441-480). Nueva York: Academic Press.
- Posner, M. I. & Dehaene, S. (1994). Attentional networks. *Trends in Neurosciences*, 17 (2), 75-79.
- Posner, M. I. & Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review of Neurosciences*, 13, 25-42.

- Posner, M. I., Petersen, S. E., Fox, P. T. & Raichle, M. E. (1988). Localization of cognitive operations in the human brain. *Science*, 240, 1627-1631.
- Posner, M. I. & Snyder, C. R. R. (1975). Attention and Cognitive control. En Solso, R. L. (Ed.). *Information processing and cognition: The Loyola Symposium*. Nueva Jersey: Erlbaum: Hillsdale.
- Ray, C. L., Mirsky, A. F. & Bakay Pragay, E. (1982). Functional analysis of attention-related activity in the reticular formation of the monkey, *Experimental Neurology*, 77, 544-562.
- Regard, M., Strauss, E. & Knapp, P. (1982). Children's production on verbal and non-verbal fluency tasks. *Perceptual and motor skills*, 55, 839-844.
- Reiss, A. L., Abrams, M. T., Singer, H. S., Ross, J. L. & Denckla, M. B. (1996). Brain development, gender and IQ in children. A volumetric imaging study. *Brain*, 119, 1763-1774.
- Reuter-Lorenz, P. A., Jonides, J. & Smith, E. E. (2000). Age differences in the frontal lateralization of verbal and spatial working memory revealed by PET. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12 (1), 174-187.
- Robins, T. W., Roberts, A. C., Owen, A. M., Sahakian, B. J., Everitt, B. J., Wilkinson, L. et al. (1994). Monoaminergic-dependent cognitive functions of the prefrontal cortex in monkey and man. En Thierry, A. M. (Ed). *Motor and Cognitive Functions of the prefrontal cortex*. (pp 93-111). Heidelberg: Springer-Verlag.
- Rogers, R. D., Andrews, T. C., Grasby, P. M., Brooks, D. J. & Robins, T. W. (2000). Contrasting cortical and subcortical activations produced by attentional-set shifting and reversal learning in humans. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12 (1), 142-162.
- Rogers, W. A. & Fisk, A. D. (1991). Age-related differences in the maintenance and modification of automatic processes: arithmetic Stroop interference. *Human Factors*, 33 (1), 45-56.
- Rosenthal, R. & Rosnow, R. L. (1985). *Contrast analysis: Focused comparisons in the analysis of variance*. Nueva York: Cambridge University Press.
- Roth, B. E., Connell, R. E., Lought, R. F. & Adams, B. (1988). Attention deficits in patients with complex partial seizures. *Epilepsia*, 29, 693.

- Rowe, J. B., Toni, I., Josephs, O., Frackowiak, R. S. J. & Passingham, R. E. (2000). The prefrontal cortex: response selection or maintenance within working memory?. *Science*, 288 (5471), 1656-1660.
- Rubia, K., Overmeyer, S., Taylor, E., Brammer, M., Williams, S. C. R., Simmons, A. et al. (2000). Functional frontalisation with age: mapping neurodevelopmental trajectories with fMRI. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 24, 13-19.
- Ruff, R. M., Light, R. H. & Quayhagen, M. (1989). Selective reminding tests: A normative study of verbal learning in adults. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 11, 539-550.
- Rybarczyk, B. D., Hart, R. P. & Harkins, S. W. (1987). Age and forgetting rate with pictorial stimuli. *Psychology and Aging*, 2, 404-406.
- Salthouse, T. A. (1993) Speed and knowledge as determinants of adult age differences in verbal tasks. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, 48, 29-36.
- Schacter, D. L. & Tulving, E. (1994). What are the memory systems in 1994?. En. Schacter, D. L. & Tulving, E. (Eds.), *Memory Systems 1994* (pp. 1-38). Cambridge, MA: MIT Press.
- Schneider, W. & Pressley, M. (1997). *Memory development between 2 and 20*, (2a Ed.). Nueva York: Springer-Verlag.
- Schneider, W., Pimm-Smith, M. & Worden, M. (1994). Neurobiology of attention and automaticity. *Current Opinion in Neurobiology*, 4, 177-182.
- Schroeter, M. L., Zysset, S., Wahl, M. & von Cramon, Y. (2004). Prefrontal activation due to Stroop interference increases during development: an event-related fNIRS study. *NeuroImage*, 23:1317-1325.
- Scoville, W. B. & Milner, B. (1957). Loss of recent memory after bilateral hippocampal lesion. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 20, 11-21.
- Seeman, P (1999). Brain development X: Pruning during development. *American Journal of Psychiatry*, 156, 168.
- Selemon, L. D. & Goldman-Rakic, P. S. (1988). Common cortical and subcortical target areas of the dorsolateral prefrontal and posterior parietal cortices in the

rhesus monkey: Evidence for a distributed neural network subserving spatial guided behavior. *Journal of Neuroscience*, 8, 4049-4068.

Shiffrin, R. M. (1993). Short term memory: a brief commentary. *Memory Cognition*, 21 (2), 193-197.

Shiffrin, R. M. & Atkinson, R. C. (1969). Storage and retrieval processes in long term memory. *Psychological Review*, 76, 179-193.

Shiffrin, R. M. & Nosofsky, R. M. (1994). Seven plus or minus two: a commentary on capacity limitations. *Psychological Review*, 101 (2), 357-361.

Shimamura, A. P., Janowsky, J. S. & Squire, L. R. (1990). Memory for the temporal order of events in patients with frontal lobe lesions and amnesic patients. *Neuropsychologia*, 28 (8), 803-813.

Shulman, H. G. (1971). Similarity effects in short term memory. *Psychological Bulletin*, 75, 399-415.

Siegel, L. (1994). Working memory and reading: A lifespan perspective. *International Journal of Behavioural Development*, 17, 109-124.

Smith, C. B. (1984). Aging and changes in cerebral energy metabolism. *Trends in Neuroscience*, 7, 203-208.

Smith, E. E., Jonides, J., Koeppe, R. A., Awh, E., Schumacher, E. & Minoshima, S. (1995). Spatial versus object working memory: PET investigations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 7, 337-358.

Smith, E., Jonides, J. & Koeppe, R. A. (1996). Dissociating verbal and spatial working memory using PET. *Cerebral Cortex*, 6, 11-20.

Smith, M. L. & Milner, B. (1988). Estimation of frequency of occurrence of abstract designs after frontal or temporal lobectomy. *Neuropsychologia*, 26 (2), 297-306.

Sohlberg, M. M. & Mateer, C. A. (1989). *Introduction to cognitive rehabilitation. Theory and Practice*. Nueva York: The Guilford Press.

Sowell, E. R., Delis, D., Stiles, J. & Jernigan, T. L. (2001). Improved memory functioning and frontal lobe maturation between childhood and adolescence: A structural MRI study. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 7, 312-322.

- Sowell, E. R., Peterson, B. S., Thompson, P. M., Welcome, S. E., Henkenius, A. L. & Toga, A. W. (2003). Mapping cortical changes across the human life span. *Nature Neuroscience*, 6 (3), 309-315.
- Sowell, E.R., Thompson, P. M., Holmes, C. J., Jernigan, T. L. & Toga, A. W. (1999). In vivo evidence for post-adolescent brain maturation in frontal and striatal regions. *Nature Neuroscience*, 2, 859-861.
- Spieler, D. H., Balota, D. A. & Faust, M. E. (1996). Stroop performance in healthy younger and older adults and in individuals with dementia of the Alzheimer's type. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 22 (2), 461-479.
- Spreeen, O., Risser, A. H. & Edgell, D. (1995). *Developmental neuropsychology*. Nueva York: Oxford University Press.
- Spreeen, O. & Strauss, M. E. (1998). *A compendium of neuropsychological tests*. Nueva York: Oxford University Press.
- Squire, L. R. (1992). Memory and the hippocampus: A synthesis from findings with rats, monkeys, and humans. *Psychological Review*, 99, 195-231.
- Squire, L. R. & Shimamura, A. (1996). The neuropsychology of memory dysfunction and its assessment. En Grant, I. & Adams, K. M. (Eds.), *Neuropsychological assessment of neuropsychiatric disorders* (pp. 232-262).
- Squire, L. R. & Zola-Morgan, S. (1991). The medial temporal lobe memory system. *Science*, 1380-1386.
- Nueva York: Oxford University Press.
- Stark, C. E. & Squire, L. R. (2000). Functional magnetic resonance imaging (fMRI) activity in the hippocampal region during recognition memory. *Journal of Neuroscience*, 20, 7776-7781.
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643-662.
- Stuss, D. T. & Alexander, M. P. (2000). Executive functions and the frontal lobes: a conceptual view. *Psychology Research*, 63 (3), 289-298.
- Thatcher, R. W., Walker, R. A. & Giudice S. (1987). Human cerebral hemispheres develop at different rates and ages. *Science*, 236, 1110-1113.

- Teicher, M. H., Anderson, C.M., Polcari, A., Glod, C. A., Maas, L. C. & Renshaw, P. F. (2000). Functional deficits in basal ganglia of children with attention-deficit/hyperactivity disorder shown with functional magnetic resonance imaging relaxometry. *Nature Medicine*, 6 (4), 470-3.
- Thomas, K. M., King, S. W., Franzen, P. L., Welsh, T. F., Berkowitz, A. L., Noll, D. C., et al. (1999). A developmental functional MRI study of spatial working memory. *Neuroimage*, 10, 327-338.
- Tomer, A. & Cunningham, W. W. (1993). The structure of cognitive speed measures in old and young adults. *Multivariate Behavioral Research*, 28, 1-24.
- Tomer, R. & Levin, B. E. (1993). Differential effects of aging on two verbal fluency tasks. *Perceptual and Motor Skills*, 76, 465-466.
- Trener, M. R., Crosson, B., DeBoe, J. & Leber, W. R. (1990). *Visual search and attention test*. Florida: Psychological Assessment Resources, Odessa.
- Troyer, A. K., Moscovitch, M. & Winocur, G. (1997). Clustering and switching as two components of verbal fluency: evidence from younger and older healthy adults. *Neuropsychology*, 11 (1), 138-146.
- Tulving, E. (1985). Memory and consciousness. *Canadian Psychology*, 26, 1-12.
- Tulving, E. (1987). Multiple memory systems and consciousness. *Human Neurobiology*, 6, 67-80.
- Tulving, E. (1992). Memory systems and the brain. *Clinical Neuropharmacology*, 15 Suppl. 1, Pt. A, 327A-328A.
- Tulving, E., Markowitsch, H. J., Craik, F. I. M., Habib, R. & Houle, S. (1996). Novelty and familiarity activation in PET studies of memory encoding and retrieval. *Cerebral Cortex*, 6, 71-79.
- Ungerleider, L. G. (1995). Functional brain imaging studies of cortical mechanisms for memory. *Science*, 270: 760-775.
- Vallar, G. & Baddeley, A. D. (1984). Fractionation of working memory: neuropsychological evidence for a phonological short-term store. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 23, 151-161.

- Vallar, G. & Papagno, C. (1995). Neuropsychological impairments of short-term memory. En Baddeley, A. D., Wilson, B. A. & Watts, F. N. (Eds). *Handbook of memory disorders*. (pp135-165). Chichester: Wiley.
- Van der Linden, M., Brédart, S. & Beerten, A. (1994). Age related differences in updating working memory. *British Journal of Psychology*, 85, 145-152.
- Van der Linden, M., Coyette, F. & Seron, X. (1992). Selective impairment of the central executive component of working memory: a single case study. *Cognitive Neuropsychology*, 9, 301-326.
- Van Petten, C. (2004). Relationship between hippocampal volume and memory ability in healthy individuals across the lifespan: review and meta-analysis. *Neuropsychologia*, 42, 1394-1413.
- Van Petten, C., Plante, E., Davidson, P. S. R., Kuo, T. Y., Bajuscak, L. & Glisky, E. L. (2004). Memory and executive function in older adults: relationships with temporal and prefrontal gray matter volumes and white matter hyperintensities. *Neuropsychologia*, 42, 1313-1335.
- van Zomeren, A. H. & Brouwer, W. H. (1994). *Clinical Neuropsychology of Attention*. Nueva York: Oxford University Press.
- Vega, M. (1986). *Introducción a la Psicología cognitiva*. Madrid: Alianza Editorial.
- Watson, R. T., Heilman, K. M., Cauthen, J. C. & King, F. A. (1973). Neglect after cingulectomy. *Neurology*, 23, 1003-1007.
- West, R. (1999). Age differences in lapses of intention in the Stroop task. *Journal of Gerontology*, 54B (1), 1-10.
- Wilson, J. T. L., Scott, J. H. & Power, K. G. (1987). Developmental differences in the span of visual memory for pattern. *British Journal of Developmental Psychology*, 5, 249-255.
- Woodruff-Pak, D. D. (1997). *The neuropsychology of aging*. Oxford: Blackwell.
- Wurtz, R. H., Goldberg, M. E. & Robinson, D. L. (1982). Brain mechanisms of visual attention. *Scientific American*, 246 (6), 124-135.
- Yingling, C. D. & Skinner, J. E. (1975). Regulation of unit activity in nucleus reticularis thalami by the mesencephalic reticular formation and the frontal granular cortex. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 39, 635-642.