



# **Universidad Nacional Autónoma de México**

**Programa de Maestría y Doctorado en Psicología  
Neurociencias de la Conducta**

## **Memoria de Trabajo Verbal y Visual: Cambios Neurofisiológicos Asociados con la Edad.**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTORA EN PSICOLOGÍA**

**PRESENTA**

**EVELIA HERNÁNDEZ RAMOS**

**JURADO DE EXAMEN DE GRADO:**

**DIRECTORA: DRA. CARMEN SELENE CANSINO ORTIZ**

**COMITÉ: DRA. MARTHA LILIA ESCOBAR RODRÍGUEZ**

**DRA. SARA EUGENIA CRUZ MORALES**

**DRA. LAURA ACUÑA MORALES**

**DRA. ERZSEBET MAROSI HOLCZBERGER**

**DRA. MARIA DOLORES RODRÍGUEZ ORTIZ**

**DRA. MARIA GUILLERMINA YÁÑEZ TÉLLEZ**



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.

*Hay que haber empezado a perder la memoria,  
aunque sea sólo a retazos, para darse cuenta  
de que esta memoria es lo que constituye toda nuestra  
vida. Una vida sin memoria no sería vida. . .  
Nuestra memoria es nuestra coherencia, nuestra razón,  
nuestra acción, nuestro sentimiento.  
Sin ella no somos nada. . .*

*Luis Buñuel*

## Reconocimiento

La realización de este trabajo fue gracias al apoyo recibido por parte del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) a través de la beca otorgada para realizar mis estudios de posgrado No. 188872, del programa de Apoyos Integrales para Doctores en Ciencias No. 10006-2006-01 y del proyecto No. 98801.

Así como de la Universidad Nacional Autónoma de México, Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA), a través del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) IN300309. Asimismo se agradece a la beca complemento otorgada por la Dirección General de Estudios de Posgrados (DGEP).

Deseo agradecer a esta maravillosa casa de estudios que es la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) por todos los años que ha sido mi hogar (desde 1994).

Agradezco infinitamente a la Facultad de Psicología por todo lo que aprendí en ella: la educación formal, la convivencia y los ratos de ocio que pude vivir en este lugar.

Agradezco al posgrado en Psicología por su siempre atento y cordial desempeño.

No hay palabras de gratitud que expresen todo lo que significa para mí el Laboratorio de NeuroCognición. Aquí aprendí hacer ciencia real, con rigor metodológico y tomando siempre la postura hermenéutica para explorar nuevos cuestionamientos.

Agradezco a la Dra. Selene Cansino por toda su dedicación y empeño en mi formación como investigadora. Todo lo que aprendí es invaluable y gracias a ello soy una excelente profesionalista. Y es gracias a usted Doctora Selene. Siempre voy a estar agradecida con usted por todo su apoyo.

Agradezco a la Dra. Sara Cruz por ser una constante y meticulosa revisora de este trabajo. Gracias por su tiempo y dedicación y sobre todo por sus palabras de aliento.

A la Dra. Martha Escobar por su atención y revisión del trabajo y su entusiasmo.

A las Dras. Erzsebet Marosi y Laura Acuña por sus aportaciones para mejorar el trabajo escrito.

A las Dras. Dolores Rodríguez y Guillermina Yáñez por su tiempo en la  
revisión de este trabajo y sus sugerencias.

## **Dedicatoria**

A mis padres, a quienes debo el ser humano que soy. Los amo infinitamente. Los llevo en mi corazón y mis acciones.

A mi esposo, el amor de mi vida. José, eres mi razón de ser, me enseñaste una realidad maravillosa y diferente a lo que conocía, soy muy feliz contigo. Gracias a ti pude llegar a este éxito profesional.

A Ingrid, la luz de mi vida. Mi niña adorada. Tú eres mi mayor logro y triunfo en la vida. Siempre estaré contigo.

## Agradecimientos

A la Dra. Selene Cansino por no dejarme rendir en este largo y agotador camino.

A la Dra. Patricia Trejo por ser mi compañera de travesía. ¡Cuán largo fue el viaje pero al fin llegamos! Gracias por hacer soportable el tiempo en los maratónicos registros, por los ratos de charla científica y no científica y por ser mi amiga.

A la muy pronto Dra. Cinthya Estrada. Mi cerebro trabaja al 100 cuando trabajo contigo. Eres súper en todos los sentidos. Gracias por tu apoyo y cariño en todos los aspectos tanto personales como académicos. Eres una gran amiga.

A la Dra. Alejandra Ruiz. Fuiste mi cimiento en la ciencia. De ti aprendí las bases humanistas de la colaboración científica. Gracias por todo

A la Psico. Melisa Cedillo por hacer de la ciencia un maravilloso camino de amistad. Gracias por tu apoyo e interés.

A las futuras Dras. Frine Torres y Joyce Martínez por su apoyo y colaboración tanto en el quehacer científico como en la amistad.

A la Psico. Erika V. Por todos los años de amistad y cariño que me has brindado y por ser una persona ejemplar. TQM

Agradezco a mi hermana Alejandra por su constante apoyo y comprensión.

Siempre has sido una gran motivación en mi vida. Nunca te dejes caer. TQM

A mi hermano Daniel por su apoyo y amor incondicional. Sabes que el apoyo y amor es mutuo.

A mi hermano David por ser un buen hermano.

A mis sobrinos Miguel, Eduardo y Rebeca, los adoro y siempre los apoyaré en lo que necesiten.

A Ricardo por ser una persona tan agradable y atenta.

A mis abuelitas Inés y Esperanza las quiero mucho y las extraño...

A la familia que me ha recibido con los brazos abiertos, los quiero mucho:

Alejandro, Antonio, Claudia, Janine, Monse, Cristian y Axel.

## Tabla de Contenido

Resumen	4
Abstract	6
Antecedentes	8
Memoria de Trabajo	11
Tarea <i>N</i> -atrás	15
Memoria de Trabajo de Adultos Jóvenes	19
Envejecimiento y Memoria de Trabajo	23
Potenciales Relacionados a Eventos	27
Potenciales Relacionados a Eventos en la Memoria de Trabajo	30
Estudios de Neuroimagen y Memoria de Trabajo en Adultos Mayores	37
Regiones Cerebrales Asociadas a la Memoria de Trabajo	41
Variables Relevantes en el Estudio de la Memoria de Trabajo	44
Método	51
Participantes	51
Instrumentos	53
Aparatos	55
Estímulos	55
Procedimiento	56
Tarea <i>N</i> -atrás	57

Registro Electrofisiológico	58
Análisis Estadístico	59
Resultados	63
Porcentaje de Respuestas Correctas	64
Tiempos de Reacción	68
Potenciales Relacionados a Eventos	73
Nivel de Complejidad Equivalente entre Grupos	90
Porcentaje de Respuestas Correctas	90
Tiempos de Reacción	91
Potenciales Relacionados a Eventos	93
Discusión	105
Porcentaje de Respuestas Correctas	105
Tiempos de Reacción	113
Potenciales Relacionados a Eventos	114
Nivel de Complejidad Equivalente entre Grupos	122
Consideraciones Finales	123
Conclusión	126
Sugerencias y limitaciones	127
Referencias	128
Apéndice A	143

## Resumen

La memoria de trabajo sufre un importante deterioro durante el envejecimiento normal, sin embargo, aún se desconoce si este déficit es equivalente o no entre la memoria de trabajo verbal y visual, y si la complejidad de la tarea influye en dicho deterioro. El objetivo de la presente investigación fue conocer los efectos de la edad sobre la memoria de trabajo verbal y visual en tareas con distinto nivel de complejidad. Estos efectos se analizaron tanto a nivel conductual como neurofisiológico a través del registro de la actividad cerebral mediante la técnica de Potenciales Relacionados a Eventos (PRE). Participaron en el estudio 40 personas, la mitad de ellas adultos jóvenes y el resto adultos mayores sin antecedentes neurológicos o psiquiátricos. La memoria de trabajo fue evaluada mediante la tarea n-atrás (*n-back*) en tres niveles de complejidad 0, 1 y 2 atrás. Para la memoria de trabajo verbal se emplearon letras y para la visual, figuras abstractas. Los resultados conductuales (tiempos de reacción y porcentaje de respuestas correctas) mostraron diferencias significativas entre los grupos en la tarea visual. Del mismo modo, se observó que los adultos mayores se desempeñaron más pobremente en las tareas de memoria de trabajo visual que en las de memoria de trabajo verbal. Los resultados neurofisiológicos mostraron que los PRE registrados en los adultos mayores presentaron una menor amplitud que los de los jóvenes en componentes tempranos en la región parietal durante la memoria de trabajo visual y en el hemisferio derecho en la tarea 2-atrás. Para

determinar que las diferencias neurofisiológicas observadas entre los grupos no se debían al hecho de que la tarea de alta complejidad (2-back) representa una mayor dificultad y esfuerzo para los adultos mayores que para los jóvenes a juzgar por su menor desempeño en esta tarea. Se compararon los PRE en condiciones de desempeño equivalentes en ambos grupos en dos condiciones de complejidad. Para la condición de baja complejidad se emplearon las tareas de 0-atrás en los dos grupos y para la condición de alta complejidad se empleó la tarea de 2-atrás para los adultos mayores y la de 3-atrás para los adultos jóvenes. A pesar de que el desempeño de los participantes fue equivalente entre los grupos en cada nivel de complejidad, se observaron diferencias entre los grupos a nivel electrofisiológico, en la región parietal durante la tarea visual. En conclusión, el deterioro de la memoria de trabajo visual es más pronunciado que el de la memoria de trabajo verbal durante el envejecimiento. Además, con la edad se observan cambios a nivel neurofisiológico en la región parietal cuando las personas realizan tareas de memoria de trabajo, lo que sugiere que con la edad ocurre un cambio en los circuitos neuronales responsables de la actividad registrada en esta zona, la cual se ha asociado a procesos de mantenimiento de la información visoespacial y al empleo de procesos ejecutivos.

## **Abstract**

The working memory is severely damaged during non-pathological aging, but it is still to be determined if this deficit is equivalent or not in verbal and visual working memory, and if the degree of complexity of tasks has an effect on this deterioration. It is the purpose of this research job to know the effects of age on verbal and visual working memory during tasks with different degree of complexity. These effects were analyzed at both a behavioral and neurophysiological level by means of recording the brain's activity with event-related potentials (ERP). A total of 40 individuals participated in this study, half of them young adults and the other half elderly people without any neurological or psychiatric difficulties. Working memory was assessed by means of an n-back task with three levels of complexity: 0-, 1- and 2-back tasks. For verbal working memory, letters were used; for visual working memory, abstract figures. Significant differences were found in the behavioral results (reaction time and percentage of correct responses) among visual tasks groups. Also, elderly people's performance was lower in visual working memory tasks, as compared to verbal working memory tasks. According to neurophysiological results, the ERP recorded in aged individuals showed a lower amplitude, as compared to those recorded for younger individuals in the parietal area during visual working memory and in the right hemisphere in the 2-back working memory task. In order to determine whether the neurophysiological differences observed between groups were not a consequence of the higher complexity (2-back)

working memory task represents higher difficulty and efforts for elderly as compared to younger individuals, considering their lower performance in that task, ERP compared in performance conditions which were equivalent in both groups in two complexity conditions. 0-back working memory tasks were employed in both groups for the lower complexity condition; 2-back working memory task was employed for elderly individuals and 3-back working memory task was employed for young adults. In spite of the fact that the participants' performance was equivalent between groups in each level of complexity, differences were found between groups at an electrophysiological level in the parietal area during the visual task. As a conclusion, the decay in visual working memory is deeper as compared to the deterioration in verbal working memory during aging. Also, neurophysiological changes are observed with age in the parietal region when working memory tasks are performed, which suggests that neuronal circuits responsible for the activity recorded in that area changes with age, a phenomenon that has been associated to processes for the maintenance of visuo-spatial information and the use of executive processes.

La memoria es un sistema en el que se codifica, almacena y recupera información (Ashcraft, 2001). La codificación se refiere al impacto del estímulo sobre el sistema nervioso para la formación de una representación mental de la información. El almacenamiento consiste en que dicha representación de la información esté disponible posteriormente. Mientras que la recuperación hace referencia al proceso de evocar la información que previamente se almacenó (Rains, 2001).

Grady y Craik (2000) propusieron que algunos tipos de memoria cambian con la edad: la memoria de trabajo, que consiste en almacenar brevemente la información para procesarla y emplearla en la realización de tareas complejas (Baddeley, 1992); la memoria prospectiva o memoria de intenciones que se refiere a la capacidad de planear y llevar a cabo hechos futuros en la vida diaria (Brandimonte, Ferrante, & Delbello, 2001); y la memoria episódica que se refiere al recuerdo de las propias experiencias (Tulving, 1972).

Se ha postulado que el envejecimiento incide en los tipos de memoria que dependen del funcionamiento de los lóbulos frontales (Greenwood, 2001). En relación a los cambios que ocurren en el cerebro durante el envejecimiento normal, se han propuesto diversas teorías que intentan explicar el déficit que experimentan los adultos mayores en tareas de memoria. Una de ellas propone que el déficit se debe a la pérdida de células y a la desmielinización que ocurre

durante el envejecimiento (Crusey & Rapoport, 1985; Gerard & Weisberg, 1986); otra, atribuye el déficit a la disminución de receptores y neurotransmisores, y al aumento en la formación de placas betamiloides (Raz, 2000).

La memoria de trabajo es uno de los tipos de memoria más severamente afectados durante el envejecimiento (Bennett, Sekuler, McIntosh, & Della-Maggiore, 2001; De Jager, Milwain, & Budge, 2002; Dobbs & Rule, 1989), dado que la memoria de trabajo participa activamente en la realización de otros procesos cognitivos tales como el aprendizaje, el razonamiento y el lenguaje. El déficit en la memoria de trabajo afecta la calidad de vida de las personas mayores. El aumento de la población de adultos mayores a nivel mundial y el concomitante incremento de padecimientos psiquiátricos y neurológicos en esta población han despertado el interés por el estudio de los cambios en los procesos cognoscitivos que ocurren durante la vejez, e incluso, actualmente se considera un problema de relevancia social y científica (Salthouse, 1988). Además, abordar el estudio de estos cambios con la ayuda de técnicas neurofisiológicas, como la de Potenciales Relacionados a Eventos (PRE), proporciona evidencia directa de la relación entre funcionamiento del sistema nervioso central y el desempeño cognoscitivo de los adultos mayores, lo que resulta en información relevante para comprender el efecto de la edad (Polich, 1996).

Numerosos estudios han demostrado muy claramente los efectos de la edad sobre la memoria de trabajo (e.g., Bennett, Sekuler, McIntosh, & Della-Maggiore, 2001; Chen, Hale, & Myerson, 2003; De Jager, Milwain, & Budge, 2002; Diamond et al., 2001; Dobbs & Rule, 1989; Fisk & Warr, 1996; Foos, 1989; Freudenthal, 2001; Grady & Craik, 2000; Keefover, 1998; Salthouse, 2000; Scheretlen et al., 2000; Vecchi & Cornoldi, 1999; Zelinsky & Lewis, 2003), no obstante, existen sólo seis estudios con adultos mayores (Chao & Knight, 1996; Golob & Starr, 2000; McEvoy, Pellouchound, Smith, & Gevins, 2001; Missonnier et al., 2004; Müller & Knight, 2002; West & Bowry, 2005) que han explorado los correlatos electrofisiológicos durante el procesamiento de la información en tareas de memoria de trabajo.

A continuación se describirá primero, el modelo de Baddeley y Hitch (1974) de la memoria de trabajo y los estudios sobre cada uno de los sistemas esclavos de la memoria de trabajo (bucle fonológico y agenda visoespacial). Posteriormente, se abordan los hallazgos con la tarea *n-back* (atrás) (Gevins y Cutillo, 1993). En seguida, se discuten los efectos de la edad sobre la memoria de trabajo, tanto conductuales como fisiológicos, principalmente, los hallazgos obtenidos en estudios con la técnica de PRE y con la de Resonancia Magnética funcional (RMf), pero antes se describen brevemente en qué consisten los Potenciales Relacionados a Eventos. En seguida, se presenta una breve descripción de las variables que se controlan en los estudios de memoria y de las diferencias por sexo que se han observado.

## **Memoria de Trabajo**

La memoria de trabajo se refiere a la capacidad de mantener y manipular información durante un tiempo breve para realizar una tarea específica, como por ejemplo, resolver un problema aritmético mentalmente, mantener una lista de palabras, comparar formas o mantener en mente una ruta para llegar a un determinada dirección, por nombrar algunos ejemplos (Baddeley, 1992; Baddeley & Hitch, 1974). De acuerdo con el modelo propuesto por Baddeley y Hitch y por Baddeley, la información verbal y visoespacial son mantenidas en almacenes separados de la memoria de trabajo: el bucle fonológico, que permite almacenar y mantener activa la información verbal a través de la repetición del material verbal; y la agenda visoespacial, que almacena y manipula información espacial (distancia, dimensión, localización) y rasgos del objeto (todas las características físicas del objeto, por ejemplo, tamaño, forma, color, textura) a través de parámetros visuales. Es decir, la información visoespacial puede subdividirse en: cache visual, responsable del manejo de información sobre patrones (¿qué?), y el escriba interno, que se encarga de la secuencia de movimientos (¿dónde?) (Logie, 2003). Ambos almacenes, el bucle fonológico y la agenda visoespacial, son controlados por el ejecutivo central, el cual controla y regula el sistema de memoria de trabajo. El ejecutivo central no tiene capacidad de almacenamiento, y su función es coordinar los recursos de atención necesarios para llevar a cabo un proceso cognoscitivo. Los principales procesos

cognoscitivos en los que interviene la memoria de trabajo son el lenguaje, la comprensión, el razonamiento y el aprendizaje (Baddeley, 1992).

Recientemente se postuló un cuarto componente de la memoria de trabajo (Baddeley, 2000), el búfer episódico, el cual se considera como un sistema que puede servir tanto de almacén auxiliar cuando los principales están sobrecargados o alterados, como un lugar donde se integran diversos tipos de información, tales como contenidos verbales, visuales y espaciales, dentro de la memoria de trabajo. Otro aspecto clave del búfer episódico es que parece ser un sitio en donde las memorias de corto plazo de información compleja, como sucesos o episodios con dimensión temporal se pueden almacenar (de ahí el nombre de “episódico”).

El búfer episódico es una propuesta relativamente nueva, por lo que aún no se ha sometido a muchas pruebas experimentales. Por otra parte, la naturaleza mixta de sus funciones puede indicar que forma parte del ejecutivo central más que un componente de almacenamiento.

En la memoria de trabajo participan dos funciones: la capacidad de almacenamiento y el procesamiento de la información. La capacidad se refiere al número de ítems que pueden almacenarse en el sistema de memoria, mientras que el procesamiento implica todos los procesos que se llevan a cabo para manipular la información, tales como la dirección de atención, búsqueda, actualización, inhibición y monitoreo. Ambos, capacidad (Dobbs & Rule, 1989, Dolman et al, 1993; Wiegersma & Mertse, 1990; Winfiel et al., 1988) y

procesamiento (Daigneault & Braun, 1993; Janowsky et al, 2000; West et al., 1998) se encuentran afectados por el envejecimiento normal, y mayormente éste último.

Se ha propuesto (e.g., Chincotta, Underwood, Ghani, Papadopoulou, & Wresinski, 1999) que la capacidad de la memoria de trabajo, es decir, el número de ítems que pueden mantenerse en la memoria, depende de la complejidad de los estímulos. Se puede memorizar una mayor cantidad de palabras cortas que palabras largas (Baddeley, Thomson, & Buchanan, 1975), lo cual se debe a que las palabras cortas requieren menos tiempo que las largas para ser pronunciadas y repetidas en el bucle fonológico. Baddeley et al. (1975) y Schweickert y Boruff (1986) estimaron que la capacidad de la memoria de trabajo es igual al número de palabras que pueden leerse en dos segundos. Este hallazgo apoya la hipótesis de que la información verbal permanece vigente en el sistema de memoria de trabajo a través de su repetición verbal y se estima que la capacidad de este tipo de memoria es de siete letras (Chincotta et al., 1999). En cambio, la memoria de trabajo para información visoespacial que no puede ser nombrada, como figuras abstractas, parece tener una capacidad de hasta tres ítems (Ruiz, 2000). Baddeley (1996) sugirió que el mantenimiento de la información en la agenda visoespacial se lleva a cabo de manera menos automatizada que la información verbal en el bucle fonológico, por lo que las tareas que requieren el empleo de la agenda visoespacial demandan más recursos del ejecutivo central que las tareas verbales.

La idea de que la agenda visoespacial implica más funciones ejecutivas que el bucle fonológico ha sido objeto de recientes estudios (e.g., Hegarty, Shah, & Miyake, 2000; Miyake, Friedman, Rettinger, Shah, & Hegarty, 2001). Miyake et al. reportaron que las tareas visoespaciales predicen de manera confiable a las funciones ejecutivas, principalmente aquellas tareas de memoria de trabajo que involucran la visualización espacial, la rapidez perceptual y las relaciones espaciales (para una revisión más extensa del tema ver Carroll, 1993). Este hallazgo contrasta con la evidencia anterior sobre el dominio verbal, ya que la relación entre tareas visoespaciales y funciones ejecutivas fue más alta que la reportada en otros estudios entre tareas verbales y funciones ejecutivas (Engle, Tuholski, Laughlin, & Conway, 1999; Kane, Bleckley, Conway, & Engle, 2001; Tuholski, Engle, & Baylis, 2001). Lo anterior indica que existen claras diferencias entre la memoria de trabajo visoespacial y verbal en la capacidad de almacenamiento y en la forma en que se manipula la información.

### **Tarea *N*-atrás (*n-back*)**

La tarea *n*-atrás (*n-back*) permite explorar la memoria de trabajo a partir del modelo de memoria de trabajo propuesto por Baddeley y Hitch (1974), debido a que es posible evaluar los sistemas verbal y visoespacial de manera independiente, así como, manipular el nivel de complejidad en la memoria de trabajo. Ésta refiere al aumento sistemático del número de ítems que deben almacenarse en la memoria y por ende, la cantidad de procesos que intervienen para resolver con éxito la tarea.

En el procedimiento de *n*-atrás, la tarea de la persona consiste en mantener en la memoria de trabajo cierto número de elementos y en sustituirlos conforme avanza la tarea. La persona debe recordar el estímulo presentado *n* veces atrás para responder a la tarea: en 1-atrás el participante compara el estímulo actual con el presentado en el ensayo anterior y debe indicar si es igual o no; en 2-atrás, compara el estímulo actual con el estímulo presentado dos ensayos atrás; y así sucesivamente. La complejidad de la memoria de trabajo puede ser evaluada de manera sistemática al incrementar el número de elementos que la persona debe mantener en su memoria, debido a que se incrementa el tiempo en que éstos deben mantenerse antes de ser sustituidos conforme avanza la tarea (Gevins, Smith, McEvoy, & Yu, 1997; McEvoy et al., 2001; Salat, Kaye, & Janowsky, 2002).

La tarea de *n*-atrás requiere del empleo de diferentes procesos cognoscitivos nemotécnicos: codificación, almacenamiento y recuperación; así como, de procesos ejecutivos de selección, búsqueda, secuenciación e inhibición; además de un estricto control de la atención (Kubat-Silman,

Degenbach, & Absher, 2002). Por lo que se considera que la tarea de  $n$ -atrás es de alta complejidad.

La tarea requiere que cada elemento sea presentado en serie para su codificación, después el elemento es almacenado y, finalmente, un nuevo elemento es comparado con el ya almacenado. Sin embargo, el mantenimiento y manipulación de la información cambia sistemáticamente conforme al incremento de  $n$ -atrás. Cada nivel de complejidad en  $n$ -atrás evalúa un proceso diferente que es aditivo al siguiente nivel de complejidad: en 0-atrás el participante debe mantener en la memoria un solo elemento, por ejemplo, el primero de la serie (Chen, Mitra, & Schlaghecken, 2008). En 1-atrás, también se requiere el mantenimiento de un estímulo (el inmediato anterior), además de los procesos de igualdad (cuando el estímulo se repite) y de actualización (cuando el estímulo es diferente, éste debe ser actualizado en el almacén de memoria). En 2-atrás, la persona debe mantener dos elementos en la memoria, siempre los dos últimos de la serie, conjuntamente con la información estricta sobre el orden temporal de estos dos elementos, sin embargo, sólo el primero de esos dos estímulos es relevante en cada ensayo, ya que el otro debe ser mantenido e inhibido de manera simultánea.

En 0-atrás se requiere el uso de un proceso de igualdad para responder eficientemente a la tarea. En 1-atrás, además de la igualdad es necesario un sistema de reemplazo para actualizar la información. Mientras que, en 2-atrás, se lleva a cabo la igualdad, el reemplazo y un proceso de

manipulación que mantiene a los dos elementos en su correspondiente orden temporal (Chen et al., 2008).

En las tareas de *n*-atrás las personas deben discriminar entre dos tipos de estímulos: blanco (igualación) y no blanco (actualización). El estímulo blanco se refiere al estímulo que es igual y; el no blanco, al estímulo diferente. La conducta que presentan las personas para responder ante estos estímulos puede ser explicada con base en la teoría de detección de señales (Matlin & Foley, 1991), la cual es una aproximación dentro del campo de la psicofísica para explicar porqué las personas detectan la presencia de un estímulo aun cuando la señal está ausente. Esta teoría distingue dos procesos: la capacidad de los participantes para detectar el estímulo ( $d'$ ) y el sesgo de los participantes para responder ( $\beta$ ). Estos dos procesos se evalúan a través de la respuesta del participante cuando se presenta el estímulo o señal y cuando se presenta el ruido o la ausencia del estímulo. Existen cuatro posibles respuestas: aciertos, falsas alarmas, errores y rechazos correctos (Matlin & Foley, 1991).

En la tarea de *n*-atrás la señal corresponde al estímulo blanco y el ruido al estímulo no blanco. Cuando se presenta el estímulo blanco y la persona responde que es un estímulo blanco es un acierto. Cuando se presenta un estímulo no blanco y la persona responde que es un estímulo blanco es una falsa alarma. Cuando se presenta un estímulo blanco y la persona responde que es un estímulo no blanco es un error. Finalmente, cuando se presenta un estímulo no blanco y la persona responde que es un estímulo no blanco es un rechazo correcto.

Los resultados conductuales con este paradigma muestran que entre mayor es el nivel de complejidad mayor es la latencia de los tiempos de reacción y menor el porcentaje de aciertos (Callicott et al., 1999; Gevins et al., 1997; McEvoy, Smith, & Gevins, 1998; McEvoy et al., 2001; Missonnier, Leonards, Gold, Palix, Ibanez, & Giannakopoulos, 2003; Salat et al., 2002).

## Memoria de Trabajo en Adultos Jóvenes

Gevins et al. (1997), McEvoy et al. (1998) y McEvoy et al. (2001) emplearon la tarea de *n*-atrás para evaluar el componente espacial. La tarea consistió en presentar una letra en una de 12 posibles posiciones alrededor de un círculo imaginario. Los participantes atendieron a la posición de la letra y no a la identidad de la letra, ya que la tarea consistió en indicar si la letra se había presentado en la misma posición que la letra presentada *n* veces atrás de acuerdo al nivel de complejidad de la tarea, independientemente de qué letra había sido presentada. Los autores observaron un menor desempeño y mayores tiempos de reacción conforme se incrementó la complejidad en la tarea y menores tiempos de reacción para ensayos blanco en comparación con los ensayos no-blanco. A pesar de que en esta tarea sólo se evaluó el componente espacial de la memoria de trabajo, el hecho de que los estímulos fueron de tipo verbal (letras), no impide que el componente verbal quizá también interviniera en la tarea. Por ejemplo, los participantes pudieron nombrar mentalmente las letras y de esta forma incrementar la codificación y la duración de los estímulos en memoria. Callicott et al. (1999) también emplearon esta tarea pero emplearon números en lugar de letras y sólo cuatro posiciones en lugar de 12, la variante de este estudio fue la manera en que la persona proporcionaba su respuesta. Había cuatro teclas que representaban las cuatro posiciones en que aparecían los estímulos, las personas proporcionaban su respuesta presionando la tecla que correspondía al estímulo presentado *n* veces atrás, los resultados del estudio fueron similares a los

reportados por Gevins et al. (1997), McEvoy et al. (1998) y McEvoy et al. (2001). Estos hallazgos indican que el número de localizaciones espaciales no es una variable que influya en la resolución de la tarea cuando la información puede ser mantenida en el bucle fonológico, aunque se evalúe al componente espacial. Watter, Geeffen y Geffen (2001) exploraron sólo el componente espacial mediante círculos que se presentaron en una de doce posibles posiciones alrededor de un círculo imaginario. Los resultados en este estudio mostraron mayores tiempos de reacción a los reportados en otros estudios en los que se mezclaron los componentes verbal y espacial (Gevins et al., 1997; McEvoy et al., 1998; McEvoy et al., 2001). Asimismo, Watter et al. observaron una disminución de la ejecución conforme aumentó la dificultad de la tarea, y menores tiempos de reacción en los ensayos no blanco que en los blanco. Este último hallazgo contrasta con los de Gevins et al. (1997) y McEvoy et al. (1998), quienes reportaron lo opuesto.

Gevins et al. (1997) y McEvoy et al. (1998) estudiaron además del componente espacial, el componente verbal mediante la presentación de exactamente los mismos estímulos. La única variante era la tarea que realizaron las personas: indicar si la letra que se presentaba en cada ensayo era igual o diferente a la letra presentada  $n$  veces atrás según la complejidad, independientemente de la posición en que se presentaban las letras. Esta tarea presenta la misma complicación que la tarea espacial, ya que a pesar de que sólo la identidad de la letra es importante para resolver la tarea, es posible que las personas se ayuden de claves visoespaciales para memorizar las letras.

Los resultados en ambos estudios no mostraron diferencias significativas en la ejecución ni en los tiempos de reacción entre las dos versiones de la tarea: espacial y verbal. Los autores interpretaron la ausencia de diferencias entre ambas versiones como producto de que ambas tareas representan un nivel de dificultad equivalente. Sin embargo, la ausencia de diferencias también puede deberse a que los componentes en realidad no se evaluaron de manera aislada. Es decir, los participantes se apoyaron del componente que no estaba siendo evaluado al estar ambos presentes (espacial y verbal) en los estímulos.

La ausencia de diferencias entre los componentes verbal y visoespacial en los trabajos de Gevins et al. (1997) y de McEvoy et al. (1998) quizá se deba al hecho de que ambos componentes estaban en realidad mezclados y no fueron evaluados enteramente de manera independiente. Leonards, Ibanez, y Giannakopoulos (2002) compararon el desempeño de sus participantes en una tarea de *n*-atrás verbal (letras) con información socialmente relevante (rostros) e información socialmente irrelevante (flores, animales). Los autores reportaron que los participantes obtuvieron un menor porcentaje de aciertos y mayores tiempos de reacción con los estímulos socialmente no relevantes que con los relevantes, a su vez, no se encontraron diferencias entre la tarea con rostros y la tarea con letras. Nystrom, Braver, Sabb, Delgado, Noll, y Cohen (2000) compararon la versión verbal y visual de la tarea de *n*-atrás mediante el empleo de letras y figuras abstractas. Los resultados mostraron que las personas tuvieron un mayor porcentaje de errores y mayores tiempos de reacción en la tarea de figuras abstractas que en la tarea con letras. Contrario a esto,

Salthouse et al. (1995) reportaron un menor desempeño en la tarea verbal en comparación con la tarea visoespacial de la memoria de trabajo.

Los resultados descritos se obtuvieron únicamente con adultos jóvenes (personas con un rango de edad de entre 20 y 35 años) y no se ha llegado a un consenso acerca de cual versión de la tarea es más difícil: la visual o la verbal. Mientras que la comparación del desempeño con adultos mayores (personas con un rango de edad de entre 60 y 75 años) entre tareas de memoria de trabajo verbal y visoespacial, ha sido escasamente abordado (Berardi et al., 1997; Leonards et al., 2002; Myerson, Hale, Rhee, & Jenkins, 1999; Reuter-Lorenz et al., 2000).

## **Envejecimiento y Memoria de Trabajo**

El envejecimiento trae consigo un conjunto de cambios metabólicos y estructurales en el sistema nervioso central como son el agrandamiento de los ventrículos cerebrales, la reducción de la materia blanca y la reducción del número de receptores colinérgicos (para una revisión sobre el tema ver: Cabeza, Anderson, Locantore, & McIntosh, 2002; Christensen, 2001; Meltzer, 2002; Tisserand & Jolles, 2003).

Otro hallazgo es el hecho de que en los adultos mayores (personas mayores de 60 años), más áreas cerebrales se activan en tareas de memoria de trabajo que en adultos jóvenes (Gazzaley et al., 2005; Salat et al., 2002). Sin embargo, el mayor número de zonas cerebrales no se ha asociado a un mejor desempeño, ya que se ha observado un mayor porcentaje de errores en los adultos mayores (Salat et al., 2002). La intervención de más áreas cerebrales se ha interpretado como un déficit en la capacidad para inhibir información irrelevante (Gazzaley et al., 2005; Salat et al., 2002) o como un proceso compensatorio en tareas de memoria episódica (Cabeza et al., 1997; Friedman, 2003; Grady, 1998).

Existen diversos modelos teóricos que intentan explicar el déficit que presentan los adultos mayores en tareas de memoria de trabajo. De acuerdo al

estudio de Oberauer y Kliegl (2001), las dos principales propuestas teóricas que explican este déficit son la teoría de la inhibición (Hasher & Zacks, 1988) y la teoría del decaimiento (Baddeley, 1986). La primera se refiere a la incapacidad que presentan los adultos mayores para inhibir información irrelevante para la tarea. La segunda propone que la información no es retenida adecuadamente para ser manipulada, ésta se pierde y la cantidad de esta pérdida de información depende de la velocidad del procesamiento.

Los resultados reportados con los adultos mayores en tareas de memoria de trabajo no sólo se deben a la edad, sino a otras variables independientes como la complejidad de la tarea, el tipo de estímulo y el tipo de ensayo. Sin embargo, los resultados difieren entre los estudios y pueden deberse a las diferencias metodológicas. McEvoy et al. (2001) usaron la tarea de *n*-atrás (0 y 2- atrás) y compararon tres grupos de edad: adultos jóvenes (media: 26 años de edad), adultos de edad media (media: 42 años de edad) y adultos mayores (media: 69 años de edad), y sólo evaluaron el componente espacial de la memoria de trabajo. Estos autores sólo encontraron un efecto de la edad sobre el porcentaje de respuestas correctas y los tiempos de reacción, pero no encontraron un efecto debido a la complejidad de la tarea. En otros estudios, en cambio en los que la complejidad de la tarea varió de 1-atrás a 2-atrás (Missonnier et al., 2004; West & Bowry, 2005) o de 0-atrás a 3-atrás (Salat et al., 2002) reportaron una disminución en el porcentaje de respuestas correctas y mayores tiempos de reacción conforme se incrementó la complejidad de la tarea, a su vez, los adultos mayores resultaron más

afectados por el aumento en la complejidad de la tarea en comparación con los adultos jóvenes.

McEvoy et al. (2001) evaluaron la modalidad espacial de la memoria de trabajo, por su parte, Missonnier et al. (2004), West y Bowry (2005) y Salat et al. (2002) evaluaron la memoria de trabajo verbal, por lo que resulta complicado decidir si los diferentes resultados entre los estudios son un producto de la variación de la complejidad o de la modalidad de la memoria de trabajo que está siendo evaluada. Estas mismas contradicciones están presentes en los resultados de los tipos de ensayo, blanco y no blanco. Por ejemplo, McEvoy et al. encontraron que todos los grupos de edad responden con mayores tiempos de reacción a los estímulos no blanco en comparación a los estímulos blanco en ambos niveles de complejidad (0 y 2 atrás), mientras que Salat et al. reportaron que sólo los adultos mayores respondieron con mayores tiempos de reacción a los ensayos no blanco en comparación con los ensayos blanco.

Los resultados de los estudios que han comparado las diferencias entre las modalidades verbal y visual, verbal y espacial en los adultos mayores son inconsistentes. Con respecto a la diferencias entre la modalidad verbal y la modalidad espacial se ha reportado que no existen diferencias en la ejecución ni en los tiempos de reacción entre los componentes verbal y visoespacial en los adultos mayores en tareas de tipo Stenberg (Reuter-Lorenz et al., 2000; Jennings et al., 2006), mientras que en la tarea 2-atrás se observó menor desempeño en la tarea visoespacial en comparación con la versión verbal

(Leonards et al., 1999), o por el contrario, un mayor desempeño en la tarea verbal en comparación con la espacial (Salthouse, 1995).

Sólo dos estudios han abordado directamente la comparación de la información verbal contra la información visual en la memoria de trabajo (Berardi et al., 1997; Leonards et al., 2002). En ambos se emplearon rostros como estímulos visuales, sin embargo, cabe señalar que los rostros contienen tanto información visual como espacial. Los resultados de estos dos estudios no coinciden. Leonards et al. reportaron un declive en la memoria de trabajo visual en los adultos mayores, pero no en la verbal; mientras que en el estudio de Berardi et al. no se reportaron diferencias en el desempeño entre ambas versiones de la tarea de memoria de trabajo en el grupo de adultos mayores.

Existe por lo tanto cierta evidencia a partir de estudios conductuales que el procesamiento de la información en la memoria de trabajo es diferente entre ambos sistemas esclavos, sin embargo, aún se desconoce cuáles son las manifestaciones neurofisiológicas asociadas a estas distinciones conductuales.

Antes de describir los hallazgos sobre memoria de trabajo con la técnica de PRE, se mencionará brevemente en qué consisten los PRE con el fin de facilitar la comprensión de los hallazgos con esta técnica.

## **Potenciales Relacionados a Eventos**

Las técnicas neurofisiológicas que exploran el funcionamiento cerebral son muy variadas e incluyen desde aquellas que evalúan la actividad de una neurona hasta las que exploran el funcionamiento de sistemas o grupos de neuronas. Las técnicas se pueden dividir en invasivas y no invasivas, dentro de éstas últimas se incluyen a los PRE.

Los PRE se definen como los cambios en el voltaje que ocurren en un tiempo particular antes, durante o después de un cambio que sucede en el medio físico y/o en relación a un proceso cognoscitivo (Picton, 1988). Con los PRE se examina el curso temporal de la activación neuronal (Hillyard, 1985), registrada en el cuero cabelludo o intracranealmente. Esta activación es el reflejo de la presentación de un evento. Los PRE se dividen en exógenos y endógenos, los primeros permiten evaluar la integridad de las distintas vías sensoriales, y los segundos el procesamiento cognoscitivo de los estímulos (Coles & Rugg, 1995). Los PRE pueden ser descritos de acuerdo a su amplitud ( $\mu\text{V}$ ) positiva o negativa, su latencia (mseg) y topografía (en dónde están colocados los electrodos). Una disminución en la amplitud de los PRE puede indicar una disminución de las poblaciones neuronales que se activan sincrónicamente o un aumento en la variabilidad temporal del potencial. Por el contrario, un aumento en la amplitud se interpreta como un proceso inverso (Picton, 1988).

La obtención de los PRE se realiza mediante el promedio de la señal de varios eventos que pertenecen a un mismo tipo de categoría o manipulación experimental. El promedio permite mejorar la relación señal/ruido de la actividad eléctrica registrada (Hillyard, 1995). El promedio se realiza a través de la suma de  $n$  valores de la amplitud muestreados en un punto determinado del tiempo, dividido entre  $n$ . Esto con el fin de obtener la señal asociada a un evento en particular, la cual tenderá a prevalecer en el promedio, mientras que el ruido tenderá a cancelarse como resultado de su aparición aleatoria e inconsistente (Luck & Girelli, 1998).

Los PRE son el resultado de la ocurrencia de sinapsis excitatorias o inhibitorias sincronizadas en un mismo tiempo y región. Cabe señalar que para poder registrar un PRE éste debe ocurrir en campos abiertos (e.g., neocorteza), donde las neuronas se encuentran alineadas con respecto al cuero cabelludo. La actividad de campos cerrados (e.g., tálamo) tiende a cancelarse debido a la forma en que están colocadas las neuronas. Éstas tienen una posición irregular por lo que la sumatoria de su campo eléctrico tiende a cancelarse (Lorente de No, 1934, citado por Wood & Allison, 1981). Por lo tanto, el registro de los PRE sólo puede llevarse a cabo en zonas donde existen campos abiertos, lo cual indica una limitación importante de esta técnica, ya que no es posible registrar toda la activación que se produce durante un proceso. Mientras que una cualidad importante de la técnica es su alta resolución temporal (mseg), lo que

permite conocer el momento exacto en el que ocurre un proceso cognoscitivo asociado a un evento o manipulación experimental.

## Potenciales Relacionados a Eventos en la Memoria de Trabajo

McEvoy et al. (1998) compararon las modalidades verbal y espacial de la memoria de trabajo con la tarea de *n*-atrás en adultos jóvenes y reportaron que durante las tareas verbales se presentaron los componentes P280 y P390, los cuales fueron menos evidentes en las tareas espaciales, mientras que en la tarea espacial se presentó el componente P250. El componente P280 se registró bilateralmente en el área parieto-temporo-occipital y su amplitud fue mayor en los ensayos no blanco que en los blanco. Este componente fue interpretado como actividad del sistema de memoria a corto plazo verbal. El componente P390 fue registrado bilateralmente en áreas frontales, con una mayor amplitud en el hemisferio izquierdo. Resultado que coincide con los observados en otras tareas de memoria de trabajo donde se ha empleado información verbal (e.g., Kolk, Chwilla, Van Herten, & Oor, 2003) y con hallazgos en la tarea de de *n*-atrás con la técnica de neuroimagen de RMf (e.g., Smith, Jonides, & Koeppe, 1996). Esto indica la participación de la corteza prefrontal izquierda en la articulación subvocal de la información (Paulesu et al., 1993). La amplitud del componente P390 se relacionó con procesos de actualización de la información verbal debido a que la amplitud de este componente fue mayor para ensayos no blanco en comparación con los blanco. Por otro lado, el componente observado en las tareas espaciales (componente P250) se observó principalmente en áreas centrales y fue asociado a procesos de actualización de información espacial debido a que su

amplitud fue mayor en los ensayos no blanco que en los blanco (McEvoy et al., 1998).

En otro estudio (Mecklinger & Müller, 1996) en el que también sólo participaron adultos jóvenes y se emplearon formas o figuras como estímulos visuales para evaluar la memoria de trabajo, se observó un componente positivo alrededor de los 260 mseg (P260) post-estímulo que perduró hasta los 400 mseg en áreas temporales del hemisferio derecho. Este componente se ha asociado con la recuperación del estímulo (Mecklinger & Müller, 1996). Este resultado coincide con los hallazgos obtenidos en estudios con la técnica de RMf (e.g., Nystrom et al., 2000). En ellos se reporta actividad en la corteza prefrontal dorsolateral derecha en la tarea visual (Nystrom et al., 2000); y actividad en la región parietal inferior derecha en la tarea visoespacial. Esta última región se relacionó con la estrategia de los participantes para mantener la información visoespacial en el almacén a corto plazo (Salmon et al., 1996).

La manipulación del nivel de complejidad en la tarea de memoria de trabajo se asoció a un potencial positivo seguido de uno negativo entre los 140 y 280 mseg post-estímulo en áreas centrales y frontales. Esta información se obtuvo al sustraer la amplitud registrada en el nivel de complejidad 1-atrás a la registrada en la tarea 2-atrás. También se observó un aumento en la latencia de ambos componentes en la tarea de mayor complejidad (Missonnier et al., 2003). Sin embargo, en otro estudio (Golob & Starr, 2000) se encontró que la amplitud del componente P 100 disminuyó conforme aumentó la carga de

trabajo. Asimismo, McEvoy et al. (1998) y McEvoy et al. (2001) reportaron un incremento en la latencia del componente N160 conforme aumentó la carga de trabajo.

De manera reiterada se ha reportado que el componente P300 ha sido el más sensible a la complejidad de la tarea, independiente del tipo de información. Debido a que en ambos sistemas de la memoria de trabajo este componente se presenta con una menor amplitud en la tarea de alta complejidad en comparación con la tarea más sencilla (Cansino, Ruiz, & López-Alonso, 1999; Crites, Delgado, Devine, & Lozano, 2000; McEvoy et al., 1998; Watter et al., 2001). Estos resultados se han observado en distintas tareas empleadas para evaluar la memoria de trabajo (*n*-atras o la tarea de Stenberg). Conforme la carga de trabajo aumenta, más zonas cerebrales participan para resolver la tarea. Esto ha sido observado en estudios de neuroimagen (e.g., Jansma, Ramsey, Coppola, & Kahn, 2000; Klingberg, 1998) en los que se ha observado mayor activación bilateral en el giro medio frontal, el surco frontal superior y el tejido cortical adyacente conforme aumentó la carga de trabajo (Carlson, Martinkauppi, Rämä, Salli, Korvenoja, & Aronen, 1998). Estos hallazgos sugieren que al activarse una mayor cantidad de zonas cerebrales para resolver la tarea, la sincronización de los grupos neuronales se reparte entre las diferentes áreas, lo que podría ser la causa de la disminución de la amplitud del componente P300 conforme aumenta la carga de trabajo. El componente P300 ha sido interpretado como un indicador de la velocidad del

procesamiento de la información, tiempo requerido para evaluar el estímulo antes de proporcionar una respuesta (McEvoy et al., 2001).

En población adulta mayor se ha reportado que la amplitud del componente P300 disminuye y su latencia aumenta cuando se presenta un estímulo infrecuente en el tarea de *odd-ball* (e.g., Goodin, Squiere, Henderson, & Star, 1978; Pferfebaum & Klimesch, 1992; Picton, Stuss, Champagne, & Nelson, 1984). El mismo hallazgo se ha observado en la tarea de *n-atrás* (McEvoy et al., 2001). Estos resultados son indicadores del retraso generalizado que ocurre en el procesamiento de la información durante el envejecimiento. La mayor latencia del componente P300 ha sido interpretada como una demora en la integración y en el procesamiento de los estímulos, lo cual no depende de la carga de trabajo, puesto que se observa el mismo retraso en diferentes niveles de complejidad en los adultos mayores (McEvoy et al., 2001).

En una tarea de memoria de trabajo verbal se observó un decremento en la amplitud y una demora en la latencia del componente N400 conforme la edad de las personas era mayor (Kutas & Iragui, 1998). Por otro lado, al comparar la memoria a corto plazo con la memoria de trabajo para recuerdo de dígitos, se observó que la amplitud de un componente positivo alrededor de los 500 mseg post-estímulo, difería menos entre ambas condiciones en los adultos mayores que en los jóvenes, y esta distinción era más evidente en derivaciones frontales (Friedman, 2003). Este rasgo fisiológico ha sido interpretado como

evidencia de la mayor presencia de procesos ejecutivos durante la memoria de trabajo que en la tarea de memoria a corto plazo, y es similar a lo observado en un estudio de RMf (Langley & Madden, 2000). En este último se observó en los adultos mayores, una mayor activación en la corteza prefrontal en tareas que requieren un almacenamiento simple (recordar un lista de dígitos) que en tareas de memoria de trabajo que demandan un alto nivel de procesos ejecutivos (tarea dual) (Langley & Madden, 2000).

Müller y Knigth (2002) reportaron que el procesamiento de la información espacial no se afecta con la edad, sino la codificación y/o la recuperación de la información. Estos autores llegaron a esta conclusión basados en el hecho de que los adultos mayores no sólo presentan cambios en la amplitud y latencia del componente P300 durante tareas de memoria de trabajo en comparación con los jóvenes, sino también cambios en la distribución topográfica de este componente. En los adultos jóvenes el componente P300 tiene una distribución parietal, mientras que en los adultos mayores, la distribución es predominantemente frontal. Esto indica que los adultos mayores emplearon diferentes regiones que los jóvenes durante los procesos de codificación o recuperación de la información. Fabiani y Friedman (1995) interpretaron esta diferencia en la distribución topográfica del componente P300 como producto de la novedad, ya que los adultos mayores tienden a procesar cada estímulo (nuevo o viejo) como novedoso. Otra interpretación se deriva de un estudio con la técnica de RMf con adultos jóvenes. En éste se observó que entre mayor es el nivel de complejidad de la tarea, mayor es el número de regiones frontales

que muestran activación (Rypma, Prabhakaran, Desmond, Glover, & Gabrieli, 1999). Por ello, al resultar la tarea de memoria de trabajo más compleja para los adultos mayores que para los jóvenes, probablemente los primeros requieren del apoyo de áreas frontales en mayor medida que los adultos jóvenes para resolver la tarea (Müller & Knight, 2002).

Se ha propuesto también que el deterioro de la memoria de trabajo en los adultos mayores quizás se deba a que la información no es captada o discriminada adecuadamente desde un inicio (Golob, & Starr, 2000). Sin embargo, no se han observado diferencias significativas en la latencia y en la amplitud del componente P100 entre adultos jóvenes y mayores (Chao & Knight, 1997). Aunque la amplitud de este componente varía entre adultos jóvenes y adultos mayores con respecto a la complejidad de la tarea: conforme aumenta la complejidad de la tarea se observa una mayor amplitud del componente P100 en los adultos mayores que en los jóvenes. Mientras que en los adultos jóvenes, se observa que el aumento en la complejidad de la tarea produce una menor amplitud en este mismo componente (Golob & Starr, 2000). Este componente es considerado como un indicador sensible de los procesos de discriminación de las características físicas de los estímulos (Diener & Zimmermann, 1985).

Missonnier et al. (2004) reportaron un pico positivo seguido de uno negativo entre los 140 y 280 ms post-estímulo en ambos grupos de edad, adultos jóvenes y adultos mayores, en electrodos colocados en derivaciones

parietales. Las variaciones de amplitud fueron atribuidas a la complejidad de la tarea: la tarea de mayor complejidad (2-atrás) produjo una mayor amplitud en comparación con la tarea fácil (1-atrás) sólo en los adultos jóvenes. Sin embargo, en 1-atrás no se encontraron diferencias en la amplitud de esta onda positiva-negativa entre los grupos, sólo en 2-atrás, lo que sugiere un daño en los circuitos de activación que responden a la complejidad de la tarea en los adultos mayores.

## **Estudios de Neuroimagen y Memoria de Trabajo en Adultos**

### **Mayores**

Dos estudios de neuroimagen con la técnica de RMf han examinado los cambios neurofisiológicos asociados a la edad durante tareas de memoria de trabajo. Grady, McIntosh, Bookstein, Horwitz, Rapoport, y Haxby (1998) variaron la demora entre los estímulos. Los adultos mayores presentaron una mayor activación en la corteza prefrontal dorsolateral y parietal dorsal en comparación con los adultos jóvenes. El incremento en la demora entre los estímulos produjo una mayor activación dorsal izquierda y una menor activación en el área extraestriada en ambos grupos de edad. Reuter-Lorenz et al. (2000) examinaron los efectos de la edad sobre la actividad cerebral en tareas de memoria de trabajo verbal y espacial. Durante ambas tareas y en ambos grupos de edad, se observó una activación en cortezas posteriores parietal y temporal. Los adultos jóvenes mostraron una activación lateralizada en la corteza prefrontal izquierda durante la tarea verbal y en la corteza prefrontal derecha en la tarea espacial; mientras que en los adultos mayores se presentó activación bilateral durante ambas tareas. Paradójicamente, en los adultos mayores esta activación bilateral fue mayor en la corteza prefrontal dorsolateral derecha durante la tarea verbal y mayor en la corteza prefrontal dorsolateral izquierda durante la tarea espacial. Esta activación bilateral en los adultos mayores se ha interpretado como un proceso compensatorio (Cabeza et al., 1997; Grady, 1998). Estudios con neuroimagen han observado que cuando existe una ejecución similar entre adultos jóvenes y adultos mayores en

tareas de memoria de trabajo se producen patrones de activación diferentes entre los grupos de edad. Los adultos mayores activan una mayor cantidad de áreas cerebrales en comparación con los adultos jóvenes, y estas áreas son predominantemente frontales (Rypma & D'Esposito, 2000; Reuter-Lorenz et al., 2000). Asimismo, se han reportado cambios asociados a la edad en la activación de la corteza prefrontal y en su conexión con regiones corticales posteriores mientras las personas realizan tareas que involucran a la memoria de trabajo (Grady et al., 1994). Dichos cambios asociados a la edad, incremento o decremento de la activación durante tareas de memoria de trabajo y memoria episódica, han sido reportados en una variedad de regiones que incluyen a la corteza prefrontal ventrolateral, dorsolateral y anterior (Cabeza et al., 2002; Trott et al., 1997; Rypma et al., 1999). Cabeza (2000) propuso que la reducción lateralizada de la actividad en la corteza prefrontal en tareas de memoria de trabajo y de memoria episódica asociada a la edad puede deberse a una reducción de la asimetría hemisférica en los adultos mayores (modelo HAROLD, por su siglas en inglés). Sin embargo, este modelo no explica si los diferentes patrones de activación en los adultos mayores con respecto a los jóvenes es un proceso compensatorio o un déficit. La interpretación de un proceso compensatorio es que una menor activación refleja un déficit mientras que una mayor activación es un proceso compensatorio del sistema para responder a la demanda adicional, aunque los adultos mayores sigan teniendo una menor ejecución (Cabeza, 2002).

Por otro lado, la actividad en la corteza prefrontal también ha sido asociada a un déficit para inhibir información irrelevante, y a una menor

capacidad de almacenamiento de la información en la memoria de trabajo en los adultos mayores (Salat et al., 2002).

La incapacidad para inhibir información irrelevante ha sido estudiada a través de experimentos sobre atención. Se ha postulado que existen dos procesos a través de los cuales se enfoca la atención: el mecanismo arriba-abajo (*top-down*) y el mecanismo abajo-arriba (*bottom-up*) (Corbetta & Shulman, 2002; Sarter, Givens, & Bruno, 2001). El mecanismo arriba-abajo constituye un sistema fronto-parietal en el que la dirección hacia una meta específica incrementa la activación neuronal de las entradas perceptuales para enfocar la atención a un estímulo específico e inhibirla hacia estímulos irrelevantes (e.g., atender a las instrucciones del maestro independientemente del ruido fuera del aula). En cambio, el mecanismo abajo-arriba constituye un sistema parieto-frontal que es activado por estímulos novedosos o poco frecuentes que salen del contexto circunstancial (e.g., el alumno que llega tarde e interrumpe la clase), ambos mecanismos trabajan de forma conjunta (Corbetta & Shulman, 2002; Sarter et al., 2001).

Para resolver tareas de memoria de trabajo es necesario mantener activo el sistema arriba-abajo, ya que es necesario mantener la atención hacia la tarea, como leer, participar activamente en una conversación, resolver un problema aritmético o memorizar una lista de compras. En estas condiciones, el sistema abajo-arriba se encuentra inhibido para evitar que interfiera en la realización de la tarea. Experimentalmente, se ha demostrado que los adultos mayores son incapaces de inhibir información, muestran actividad cortical

frontal tanto ante estímulos relevantes como irrelevantes; mientras que en los adultos jóvenes, la activación en esta región se presenta principalmente ante los estímulos relevantes y es muy escasa ante los estímulos que no deben ser atendidos (Gazzaley, Cooney, Rissman, & D'Esposito, 2005; May, Hasher, & Kane, 1999; West, 1999). La hipótesis de que los adultos mayores tienen dificultades para inhibir la información irrelevante (Hasher & Zacks, 1988; Zacks & Hasher, 1997) ha sido principalmente apoyada por estudios de neuroimagen (Burke, 1997; Gazzaley et al., 2005; May, Hasher, & Kane, 1999; West, 1999).

## Regiones Cerebrales Asociada a la Memoria de Trabajo

En el estudio de Shumacher, Lauber, Awh, Jonides, Smith, y Koeppel (1996) se empleó la tarea de *n*-atrás con estímulos presentados en dos modalidades visual y auditiva. Los participantes compararon si la letra actual era igual o diferente a la presentada *n* veces atrás. A través del método de sustracción que consiste en sustraer la activación cerebral generada en diferentes situaciones experimentales, estos autores analizaron la “arquitectura” de la memoria de trabajo verbal. Se distinguieron tres sistemas: 1) la repetición fonológica mediada por la región frontal del hemisferio izquierdo y que incluye el área de Brodman (AB) 44 en su porción inferior y superior, 2) el almacén de información visoespacial mediado por la corteza parietal posterior izquierda (AB 40), y 3) el componente ejecutivo mediado por la corteza prefrontal dorsolateral (AB 9/46). Esta distribución cortical describe sólo a grandes rasgos la activación que se produce en la memoria de trabajo, ya que no incluye otras regiones del hemisferio izquierdo que también están involucradas, como el cerebelo. La dificultad de la tarea parece estar mediada por la corteza parietal superior y posterior (AB 7), y por la corteza anterior del cíngulo (AB 32).

La corteza dorsolateral prefrontal mostró activación en función del intervalo entre estímulos en la tarea de *n*-atrás (para una revisión del tema ver Smith, Jonides, Marshuetz, & Koeppel, 1998). Sin embargo, Cohen et al. (1997) variaron sistemáticamente el intervalo entre estímulos de 2.5 a 10 segundos y observaron que el tiempo que transcurre entre los estímulos no afecta la

ejecución de las personas en la tarea de *n*-atrás sino la carga de trabajo. Asimismo, estos autores no observaron activación en la corteza dosolateral medial conforme aumentó la carga de trabajo de 0 a 3-atrás, independientemente del tiempo que transcurría entre los estímulos. El incremento en la carga de trabajo se asoció con activación en la corteza dorsolateral derecha (AB 46 y 10), y en la parte izquierda del cerebelo AB 6/32 (Jonides et al., 1996).

Los hallazgos descritos aportan evidencia a favor de que la información verbal es mantenida en el sistema de memoria de trabajo a través de la repetición subvocal de la información. Los estudios con técnicas de neuroimagen han demostrado que existe activación en el área de Broca, región ubicada en la corteza prefrontal izquierda, en el área premotora y en el área motora suplementaria cuando la persona codifica información verbal en la memoria de trabajo (e.g., Nystrom et al., 2000; Paulesu et al., 1992; Salmon et al., 1996).

Petrides y Pandya (1999, 2002) reportaron que en la memoria de trabajo visoespacial participan las cortezas prefrontales medial y dorsal, y éstas están recíprocamente conectadas con regiones corticales posteriores relacionadas con el procesamiento de la información visoespacial, como son: el lóbulo parietal superior, la porción caudal del lóbulo parietal, la corteza occipital dorsal y medial, y la región parietotemporal caudal. En contraste, las cortezas prefrontales orbital y ventrolateral están recíprocamente conectadas con las

regiones que involucran la percepción y la identificación de objetos, como la corteza inferotemporal.

## **Variables Relevantes en el Estudio de la Memoria de Trabajo**

Diversos estudios han demostrado que existen varios factores que pueden incidir en los cambios que ocurren en la memoria y la atención como producto de la edad. Estas investigaciones han observado que el nivel socioeconómico y las actividades de la vida diaria (Erber & Szuchman, 1997; Hill, Wahlin, Winblad, & Bäckman, 1996; Stevens, Kaplan, Ponds, & Jolles, 2001), la presencia de patologías como ansiedad, depresión y demencia (Deveney & Deldin, 2004; Dutke & Störber, 2001; Elliman, Green, Rogers, & Finch, 1997; Eysenck, Payne, & Derakshan, 2005; Kelley, 1986; Lee, 1999; Miller & Bichsel, 2004; Nitschke, Séller, Woodard, Axelrod, Mordecai, & Shannon, 2004; Weigartner, 1986), la escolaridad y el coeficiente intelectual (Erber & Szuchman, 1997; Hill, Wahlin, Winblad, & Bäckman, 1995; Luszcz, 1992; Stevens, Kaplan, Ponds, & Jolles, 2001) afectan el desempeño de las personas en tareas de memoria y atención. Por lo que resulta importante controlar en los estudios las variables: escolaridad, ansiedad, depresión y demencia con el fin de obtener resultados que puedan ser interpretados con base en la manipulación de las variables independientes y no por la intervención de variables extrañas.

Por otro lado, se ha reportado que el sexo puede afectar de modo diferente el desempeño de las personas en tareas de memoria. Por ejemplo, se ha reportado en tareas de memoria episódica que las mujeres presentaron una mejor ejecución en comparación con los hombres (Herliz, Nilsson, & Bäckman,

1997). Sin embargo, en tareas de memoria de trabajo las diferencias entre hombres y mujeres han sido menos consistentes. Robert y Savoie (2006) no encontraron diferencias en la ejecución de tareas verbales y visoespaciales al comparar ambos sexos. Hombres y mujeres se desempeñaron de manera similar en tareas de recuerdo de palabras (Herliz et al., 1997), en tareas de mantenimiento de información fonológica, en el subtest de dígitos hacia adelante de la escala de inteligencia de Weschler y en el de dígitos hacia atrás que involucra al ejecutivo central (Duff & Hampson, 2001). En cambio, las mujeres presentaron mejor ejecución que los hombres en tareas que implican una mayor capacidad de almacenamiento (Cochran & Davis, 1987), en la tarea de generación de números al azar (Duff & Hampson, 2001) y en la tarea de identificar si estuvo presente o no un estímulo en una condición previa (Speck et al., 2000).

En tareas que involucran a la agenda visoespacial de la memoria de trabajo, no obstante, los hombres presentaron mejor ejecución que las mujeres. Por ejemplo en la prueba de Corsi, la cual consiste acomodar bloques de acuerdo a ciertas reglas, (Capitán, Laiacona, & Ciceri, 1991), y en tareas espaciales (Vechi & Girelli, 1998). Aunque las mujeres obtuvieron un mejor desempeño en comparación con los hombres, en las tareas espaciales en las que se les proporcionó información adicional como colores o formas (Duff & Hampson, 2001). Por lo tanto, los hombres presentaron mayor ejecución que las mujeres en las tareas que involucran una gran demanda de la capacidad

para generar imágenes mentales, mantener información o buscar y transformar información (Loring, Meier, & Halpern, 1999).

En resumen, la memoria de trabajo es un proceso cognoscitivo que sufre importantes cambios con la edad. Los experimentos conductuales muestran que la capacidad de almacenamiento y la habilidad para manipular información disminuye con la edad (e.g., Bennett et al., 2001; Chen et al., 2003; De Jager, Milwain, & Budge, 2002; Diamoun et al., 2001; Dobbs & Rule, 1989; Fisk & Warr, 1996; Foos, 1989; Freudenthal, 2001; Grady & Craik, 2000; Keefover, 1998; Scheretlen et al., 2000; Vecchi & Cornoldi, 1999; Zelinsky & Lewis, 2003); y el procesamiento de la información requiere de mayor tiempo. La memoria de trabajo para estímulos verbales y visoespaciales se asocia a la activación de diferentes áreas cerebrales (Nystrom et al., 2000; Paulesu et al., 1993; Salmon et al., 1996). Los estudios de memoria con la técnica de RMf han reportado que en los adultos mayores se activan más áreas cerebrales que en los adultos jóvenes debido a que los primeros son incapaces de inhibir información irrelevante para la tarea (Burke, 1997; Gazzaley, Cooney, Rissman, & D'Esposito, 2005; Hasher, & Zacks, 1988; Zacks, & Hasher, 1997). Otra hipótesis plantea que los adultos mayores necesitan activar un mayor número de áreas cerebrales para resolver la tarea, y esto ocurre con la finalidad de compensar los déficits cognoscitivos (Cabeza et al., 1997; Grady, 1998). Esta hipótesis se sustenta en el hallazgo observado en estudios de

neuroimagen de que los adultos jóvenes muestran actividad en un solo hemisferio según el tipo de tarea (e.g., hemisferio izquierdo en tareas verbales) (Nystrom et al., 2000; Paulesu et al., 1993; Salmon et al., 1996); mientras que los adultos mayores muestran activación en ambos, independientemente de la tarea (Reuter-Lorenz et al., 2000). Sin embargo, en la tarea de *n-atrás*, una expansión del número de áreas cerebrales activadas en adultos mayores se asoció a un mayor número de errores (Salat et al., 2002).

*N-atrás* es una tarea de memoria de trabajo que permite incrementar la complejidad de la tarea (1-atrás, 2-atrás, 3-atrás... *n-atrás*) de manera equivalente al aumentar el número de ítems que deben mantenerse en la memoria. La tarea evalúa la capacidad de las personas para almacenar y para manipular información de manera simultánea. Otra ventaja de la tarea *n-atrás* es que no presenta efectos de primacía y recencia, tan comúnmente reportados en otras tareas de memoria de trabajo, por ejemplo en la tarea de Stenberg, y que dificultan la interpretación de los hallazgos. Asimismo, la tarea de *n-atrás* tiene la ventaja de que es posible evaluar de manera independiente y equivalente a los componentes verbal y visoespacial de la memoria de trabajo, lo que permite explorar y comparar las diferencias conductuales y fisiológicas asociadas a cada uno de estos tipos de memoria. Del mismo modo, al estudiar ambos componentes de la memoria de trabajo, es posible distinguir los rasgos neurofisiológicos asociados a los procesos ejecutivos de la memoria de trabajo, ya que estos rasgos serán similares en ambos componentes. Además, la tarea de *n-atrás* permite explorar si el tipo de información incide en

las regiones cerebrales que participarán durante la tarea de memoria de trabajo, como se ha visto previamente en ciertos estudios (Nystrom et al., 2000; Paulesu et al., 1993; Salmon et al., 1996; McEvoy et al., 1998), aunque no en otros (Shumacher, Lauber, Awh, Jonides, Smith, & Koeppe, 1996). McEvoy et al. (1998) compararon las dos versiones de la tarea *n*-atrás, verbal y visoespacial, y reportaron la presencia de un componente positivo alrededor de los 390 msec post-estímulo más prominente en la tarea verbal que en la tarea espacial, por lo que estos autores sugirieron que en la tarea verbal se emplearon más recursos que en la tarea espacial. Sin embargo, Leonards et al. (2002), Nystrom et al. (2000), Paulesu et al. (1993) y Salmon et al. (1996) reportaron que es la tarea visoespacial la que utiliza más recursos para su resolución que la tarea verbal.

Existen estudios que han caracterizado ciertas respuestas neurofisiológicas asociadas a la tarea *n*-atrás, como es la disminución de la amplitud del componente P300 conforme aumenta la complejidad de la tarea (McEvoy et al., 1998; Watter et al., 2001). Sin embargo, estos resultados se han derivado principalmente de estudios con adultos jóvenes, y aún se desconocen los rasgos electrofisiológicos propios de las personas mayores.

A pesar de que la memoria de trabajo sufre un claro deterioro con la edad, existen sólo tres estudios (McEvoy et al., 2001; Missonnier et al., 2004; West & Bowry, 2005) con la técnica de PRE que han empleado la tarea de *n*-atrás para comparar la actividad fisiológica de adultos jóvenes y mayores. Pero

los resultados de estos estudios son diferentes. McEvoy et al. evaluaron al componente visoespacial de la memoria de trabajo; sin embargo, debido a que utilizaron letras que cambiaban de posición, mezclaron ambos componentes verbal y espacial, lo que no permite una evaluación aislada de cada componente. Missonnier et al., y West y Bowry estudiaron la memoria de trabajo verbal, aunque en el estudio de West y Bowry además se evaluó la memoria prospectiva, por lo que el reporte de sus hallazgos se enfoca en la memoria prospectiva. McEvoy et al. no encontraron un efecto de la carga de trabajo sobre la amplitud de los PRE en los adultos mayores, mientras que West y Bowry reportaron una disminución de la amplitud del componente P300 conforme aumentó la complejidad de la tarea en ambos grupos de edad. Missonnier et al. reportaron un efecto de la complejidad de la tarea en componentes tempranos (entre 140-280 ms post-estímulo). Por otro lado, las diferencias existentes entre adultos mayores y adultos jóvenes a nivel conductual dificulta interpretar los hallazgos fisiológicos, es decir, aún no ha sido posible establecer si las diferencias fisiológicas encontradas son debidas a la edad o a la mayor dificultad que tienen los adultos mayores para responder a la tarea, ya que en todos los estudios previos (McEvoy et al., 2001; Missonnier et al., 2004; West & Bowry, 2005) los adultos mayores se desempeñaron más pobremente que los adultos jóvenes. Por último, existe una ausencia de estudios que aborden la comparación entre la memoria de trabajo verbal y visoespacial en adultos mayores y que a su vez, se manipule la complejidad de la tarea de manera sistemática. Por lo tanto, el presente trabajo tiene dos propósitos: 1) conocer los cambios asociados a la edad y el sexo sobre la

memoria de trabajo verbal y visoespacial al manipular diferentes cargas de trabajo (de 0 a 2 atrás) tanto para datos conductuales, porcentaje de respuestas correctas y tiempos de reacción de éstas, como sobre la amplitud de los potenciales relacionados a eventos y 2) conocer si las diferencias observadas en la amplitud de los PRE se deben a la edad o al esfuerzo extra que deben hacer los adultos mayores para resolver las tareas de memoria de trabajo cuando no existen diferencias significativas entre los dos grupos de edad en el porcentaje de respuestas correctas.

## Método

### *Participantes*

En el estudio participaron 40 personas diestras, las cuales se dividieron en dos grupos de acuerdo a su edad: adultos jóvenes (edad media de  $25.2 \pm 2.9$  años) y adultos mayores (edad media de  $64.9 \pm 2.4$  años), 10 mujeres y 10 hombres integraron cada grupo. Los datos demográficos de los participantes se describen en la tabla 1. Primero se seleccionó la muestra de adultos mayores y con base en ella se seleccionó la muestra de adultos jóvenes pareando a los participantes de ambos grupos en escolaridad y sexo. Los criterios de inclusión fueron: escolaridad mínima de 11 años de estudio, puntaje crudo mínimo de 26 en la subescala de vocabulario del WAIS, puntaje mínimo de 24 en el Mini Examen del Estado Mental. Los criterios de exclusión fueron: adicción a drogas o alcohol, consumir medicamentos que alteren al sistema nervioso central, padecimientos de tipo psiquiátrico o neurológico, puntaje mayor a 20 en el inventario de Depresión de Beck y puntaje mayor a 35 en el inventario de ansiedad de Beck. Asimismo, para garantizar que los participantes percibieran los estímulos se les pidió identificar letras impresas en una hoja de papel que eran idénticas en tamaño y color a las presentadas en la pantalla de la computadora durante los experimentos. Los participantes leyeron perfectamente las letras a un metro de distancia. Asimismo, no se encontraron diferencias significativas entre los grupos en escolaridad  $t(38) = -.066$ ,  $p = .948$ , en la subescala de Vocabulario del WAIS (puntaje normalizado)  $t(38) = .321$ ,  $p = .75$ , en el Mini Examen del Estado Mental  $U = 134.5$ ,  $p = .076$ , ni en el

Inventario de Depresión del Beck  $U = 157, p = .253$ . Sólo en el Inventario de Ansiedad de Beck se observaron diferencias significativas  $U = 87, p = .002$ . En la tabla 1 se muestra que el grupo de adultos jóvenes puntúo más alto (mediana de 5) en el Inventario de Ansiedad de Beck que el grupo de adultos mayores (mediana de 1.5), pero ningún participante obtuvo un puntaje igual o mayor a 35, valor que indica un trastorno de ansiedad. Todos los participantes firmaron un consentimiento informado y recibieron una compensación económica de \$300 por su participación. Este estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México.

**Tabla 1.** Características de los participantes (20 adultos jóvenes y 20 adultos mayores)

	Adultos jóvenes	Adultos mayores
Edad <sup>1</sup>	25.2 (2.9)	64.9 (2.4)
Escolaridad <sup>1</sup>	17.3 (2.4)	17.4 (3.5)
WAIS puntaje normalizado <sup>1</sup>	14.5 (1.6)	14.3 (1.3)
Mini Examen del Estado Mental <sup>2</sup>	29 (0.5)	29 (1)
Beck Depresión <sup>2</sup>	3 (1.5)	4.5 (3)
Beck Ansiedad <sup>2*</sup>	5 (4)	1.5 (2)

<sup>1</sup> Media y desviación estándar entre paréntesis

<sup>2</sup> Mediana y rango semi-intercuartil entre paréntesis

\*  $p < .05$

## *Instrumentos*

Subescala de Vocabulario de la Escala de Inteligencia Wechsler para Adultos (WAIS) en español Revisada (Wechsler, 1981). La escala puede aplicarse desde los 18 años de edad y tiene un coeficiente de confiabilidad de 0.96 para la escala verbal y de 0.93 a 0.94 para la escala ejecutiva. La subescala de vocabulario se correlaciona con el coeficiente intelectual general del mismo WAIS y de otras pruebas de inteligencia. Esta subescala permite evaluar la integridad de la habilidad mental general de los individuos.

Inventario de Depresión de Beck (1987). Esta prueba se estandarizó con un total de 1093 participantes entre 18 y 53 años de edad y tiene un coeficiente de confiabilidad de 0.83 (Sanz & Vázquez, 1998). Los puntajes de depresión se obtienen a través de sumar las respuestas dadas a las 21 categorías de síntomas o actitudes. Si el participante obtuvo un puntaje mayor a 20 probablemente sufre depresión severa por lo que no fue incluido en el estudio.

Inventario de Ansiedad de Beck (1988). Fue diseñado para evaluar la intensidad de síntomas que expresan ansiedad en un individuo. Esta escala es autoaplicable y consta de 21 reactivos que determinan la severidad con que se presentan las categorías sintomáticas y conductuales que evalúa. Estas categorías corresponden a los síntomas que generalmente se incluyen para hacer el diagnóstico de ansiedad. La evaluación de la severidad de los síntomas se lleva a cabo mediante una escala de 0 a 3 puntos, donde 0 indica la ausencia del síntoma y 3 la máxima severidad del mismo. Los estudios con poblaciones de adultos han demostrado que la escala se caracteriza por una alta consistencia interna (.90), validez divergente moderada (.60) y validez

convergente (.5) (Beck & Steer, 1991; Steer, Rissmiller, Ranieri & Beck 1993). Si el participante obtiene un puntaje mayor a 35 probablemente sufre un trastorno de ansiedad. Los participantes que obtuvieron una puntuación  $\leq 35$  no fueron incluidos en el estudio.

Mini Examen del Estado Mental (Folstein, Folstein, & McHugh, 1975). Esta prueba permite identificar la presencia de demencia en las personas, consta de 11 ítems e incluye la valoración de la orientación, la concentración, la atención, el cálculo, la memoria y el lenguaje. La confiabilidad test-retest (24 hrs) es de 0.89 con el mismo aplicador, y de 0.83 con un aplicador diferente. El diagnóstico de demencia con puntajes menores a 24 se aplica en el 75% de los casos. El Mini Examen del Estado Mental permite discriminar entre pacientes con deficiencias cognoscitivas (moderadas y graves) y participantes controles, además es sensible al deterioro progresivo en pacientes con demencia. Por lo tanto, los participantes que obtuvieron una puntuación  $\leq 24$  fueron incluidos en el estudio.

Cuestionario de datos generales. Se elaboró un cuestionario para explorar escolaridad, edad, antecedentes médicos, consumo de medicamentos, alcohol y drogas, con el fin de excluir a los participantes que no reunieran los criterios para participar en el estudio.

Cuestionario para indagar la estrategia de memoria de los participantes. Al final de los registros electrofisiológicos se aplicó un cuestionario para conocer cuál fue la estrategia que emplearon las personas para memorizar las figuras abstractas. Si las personas reportaban que habían usado como

estrategia etiquetar las figuras se solicitó que escribieran el nombre asignado a cada figura. En el cuestionario se presentaron las 21 figuras abstractas empleadas. No se encontraron diferencias entre los grupos de edad en número de figuras abstractas etiquetadas  $U = 144$ ,  $p = .89$  (adultos jóvenes mediana y rango semiintercútil:  $17 \pm 1$ ; adultos mayores:  $18 \pm 1$ )

#### *Aparatos*

Se utilizaron dos computadoras PC, dos monitores de 17", dos cajas de respuestas (cada una con una tecla para ser presionada con el dedo índice de cada mano), una televisión, una videocámara, el programa *Brain Vision V. 1* para adquirir y analizar los datos fisiológicos, y el programa *E-Prime* versión 1.1 para mostrar los ensayos y captar las respuestas de los participantes.

#### *Estímulos*

En *n*-atrás verbal se utilizaron 21 letras, todas las consonantes del alfabeto castellano (B, C, D, F, G, H, J, K, L, M, N, P, Q, R, S, T, V, W, X, Y, Z). Las letras tuvieron un ángulo visual vertical y horizontal de  $3.0^\circ$  y fueron de color gris oscuro. En *n*-atrás visoespacial se emplearon 21 figuras abstractas, tomadas del estudio de Ruiz (2000), las cuales se caracterizan por no tener una forma conocida. De las 80 imágenes de ese estudio se tomaron sólo 21 a partir de un piloteo en el que participaron 15 personas. Se eligieron las imágenes que menos fueron asociadas por los participantes a objetos conocidos. Lo anterior permitió garantizar que las imágenes fueran lo más abstractas posible y que no fueran asociadas a alguna palabra (ver Apéndice

A). Las imágenes fueron de color gris oscuro y tuvieron un ángulo visual vertical y horizontal aproximado de 3.0°.

### *Procedimiento*

Se realizaron tres sesiones de trabajo con cada participante. La primera sesión tuvo una duración aproximada de 30 minutos en la que se aplicaron las pruebas psicométricas y un cuestionario de datos generales para descartar a las personas que no cubrieran los criterios de inclusión. Si la persona cubría todos los criterios de inclusión y ninguno de exclusión era citada a las siguientes sesiones.

En la segunda y tercera sesión, que se realizaron en diferentes días pero a la misma hora, se llevaron a cabo los registros electrofisiológicos. Cada sesión tuvo una duración aproximada de dos horas. En una sesión los participantes realizaron las tareas verbales y en la otra, las tareas visuales. El orden en que se realizaron estas tareas se contrabalanceó entre los participantes. Los adultos jóvenes realizaron ocho tareas de *n*-atrás, cuatro tareas verbales y cuatro visuales (de 0-atrás a 3-atrás), mientras que los adultos mayores realizaron seis tareas, es decir, tres niveles de complejidad (de 0-atrás a 2-atrás) en las versiones verbal y visual. Los diferentes niveles de complejidad y la mano para responder los tipos de respuesta se contrabalancearon entre los participantes. De las 144 posibilidades de contrabalanceo para los adultos mayores se tomaron 20 al azar y de las 2304 posibilidades de contrabalanceo para los adultos jóvenes se tomaron 20 al azar. Antes del inicio de cada tarea, las personas participaron en una fase de

entrenamiento en la que realizaron una versión breve de cada tipo de tarea y nivel de complejidad.

### *Tarea de n-atrás*

En ambas tareas de memoria de trabajo, verbal y visoespacial, cada ensayo comenzó con la presentación durante 200 mseg de un asterisco (0.5° de diámetro) en el centro de la pantalla que sirvió como punto de fijación. Después la pantalla permaneció en blanco durante 200 mseg. Al término de este periodo apareció el estímulo durante 500 mseg. Los participantes podían responder desde la aparición del estímulo y hasta 3000 mseg después. La pantalla permaneció en blanco durante 3600 mseg después de la desaparición del estímulo con el fin de que las personas pudieran parpadear después de proporcionar su respuesta y antes de la aparición del asterisco del siguiente ensayo. Al término de este plazo, apareció el asterisco. Se llevaron a cabo 180 ensayos en cada nivel de complejidad (0-atrás, 1-atrás, 2-atrás y 3-atrás). El 33% de los ensayos fueron ensayos blanco y el resto ensayos no blanco. La tarea de la persona consistió en indicar si el estímulo que se presentó en cada ensayo era igual (ensayo blanco) o no (ensayo no blanco) a la letra X o a la primera figura abstracta en la condición 0-atrás, o si la letra o figura abstracta de cada ensayo era igual o no a la que se presentó en el ensayo anterior en la condición 1-atrás, o si la letra o figura abstracta de cada ensayo era igual o no a la que se presentó dos ensayos atrás en la condición 2-atrás, o si la letra o figura abstracta de cada ensayo era igual o no a la que se presentó tres

ensayos atrás en la condición 3-atrás. El último nivel de complejidad (3-atrás) lo realizaron únicamente los adultos jóvenes. Se emplearon dos cajas de respuestas, cada una con una sola tecla. Una se colocó en la mano derecha y otra en la mano izquierda. La mitad de los participantes respondió con el dedo índice de la mano derecha para indicar que se trataba de un estímulo blanco y con el dedo índice de la mano izquierda para indicar que se trataba de un estímulo no blanco. El resto de los participantes empleó el dedo índice derecho para señalar los estímulos no blanco y el izquierdo para los estímulos blanco.

#### *Registro Electrofisiológico*

Para el registro electroencefalográfico (EEG) se colocó una gorra elástica *ActiCap* de *Brain Products Inc* y se empleó un sistema de adquisición de *Brain Vision QuickAmp* de 128 canales. El registro de las derivaciones fue monopolar y se empleó como referencia el promedio de todos los electrodos. Se colocó un electrodo en la frente como tierra. El electrooculograma (EOG) se realizó por medio de un electrodo que se colocó en la porción lateral del ojo derecho para medir los movimientos horizontales y otro en la región supraorbital del ojo izquierdo para medir los movimientos verticales. La impedancia de los electrodos fue menor a los 10 K $\Omega$ . Para los registros de EEG y EOG se utilizó una banda de 0.1 a 100 Hz y una tasa de muestreo de 512 Hz. Fuera de línea se usó un filtro de pase bajo de 20Hz con 24dB de atenuación. Se realizó un registro continuo y se analizaron épocas de 1800 msec que comenzaron 200 msec antes de la presentación de cada estímulo.

### *Análisis estadístico*

El porcentaje de respuestas correctas se sometió a un análisis de varianza mixto con los siguientes factores: grupo de edad (adultos jóvenes y mayores), sexo (hombres y mujeres), tipo de tarea (verbal y visual), tipo de ensayo (blanco y no blanco) y complejidad (0-atrás, 1-atrás y 2-atrás) para el porcentaje de respuestas correctas. Los tiempos de reacción también se analizaron con estos factores y se agregó el factor ejecución (ensayos correctos e incorrectos), con el fin de analizar los tiempos de reacción de la memoria de trabajo de modo completo.

Para el análisis de los datos electrofisiológicos primero se llevó a cabo la corrección de movimiento ocular de modo automático en el *Software Brain Vision*, después se eliminaron los ensayos contaminados por artefactos con una amplitud  $\pm 70\mu\text{V}$  y cada época fue revisada visualmente para rechazar aquéllas con artefactos oculares o musculares. Posteriormente, se realizaron los promedios individuales y finalmente se calculó el gran promedio de la señal de las respuestas correctas para cada tarea en los tres niveles de complejidad para ambos grupos por separado. No se encontraron diferencias significativas en el número de épocas ni entre grupos ni condiciones ( $p > .05$ ) (ver Tabla 2).

Se realizaron análisis de varianza (ANOVA) mixtos por separado para la amplitud media de cada intervalo de medición (50-150, 150-250, 250-350, 350-650, 650-750 y 750-1200 msec. post estímulo). Los intervalos se decidieron en función de los componentes de los PRE visibles en el gran promedio de los

datos de cada grupo. La amplitud media es el promedio de la amplitud de cada intervalo de tiempo con respecto a los 200 mseg de la línea base, previos a la presentación del estímulo.

Tabla 2. Media del número de épocas empleadas para obtener el gran promedio de los PRE.

		Adultos jóvenes		Adultos mayores	
		Media	EE	Media	EE
Visual	0 atrás	71.7	2.3	76.9	2.3
	1 atrás	74	3.1	74.8	3.1
	2 atrás	67.2	3.2	72.3	3.2
	3 atrás	66.2	3.8	--	--
Verbal	0 atrás	72.9	2.5	72.7	2.5
	1 atrás	74.2	2.5	75.7	2.5
	2 atrás	76.7	3.9	72.4	3.9
	3 atrás	72.3	3.8	--	--

El ANOVA mixto para la amplitud media en cada ventana de medición consistió en un diseño con los siguientes factores: grupo de edad (adultos jóvenes y adultos mayores), sexo (hombre y mujer), tarea (verbal y visual), complejidad (0-atrás, 1-atrás y 2-atrás), hemisferio (izquierdo y derecho) y posición (frontal, central, parietal y occipital). Para este último factor se llevaron acabo promedios de cuatro electrodos: frontal izquierdo (AFF5h, AF3, F3 y F5), frontal derecho (AFF6h, AF4, F6 y F4), central izquierdo (FCC5h, FCC3h, C3 y C5), central derecho (FCC6h, FCC3h, C4 y C6), parietal izquierdo (CPP5h, CPP3h, P5 y P3), parietal derecho (CPP6h, CPP4h, P6 y P4), occipital izquierdo (POO9h, OI1h, I1 y O1) y occipital derecho (POO10h, OI2h, I2 y O2).

Este método ha sido empleado en diversos estudios (D'Arcy, Service, Connily y Hawco, 2005; Löw, Rockstroh, Cohen, Hauk, Berg y Maier, 1999; Rigoulot, Delplanque, Desprez, Defoort-Dhellemmes, Honoré y Sequeira, 2008) donde se realizaron registros de alta densidad como en el presente estudio. Los electrodos registrados y las derivaciones analizadas se muestran en la figura 1.

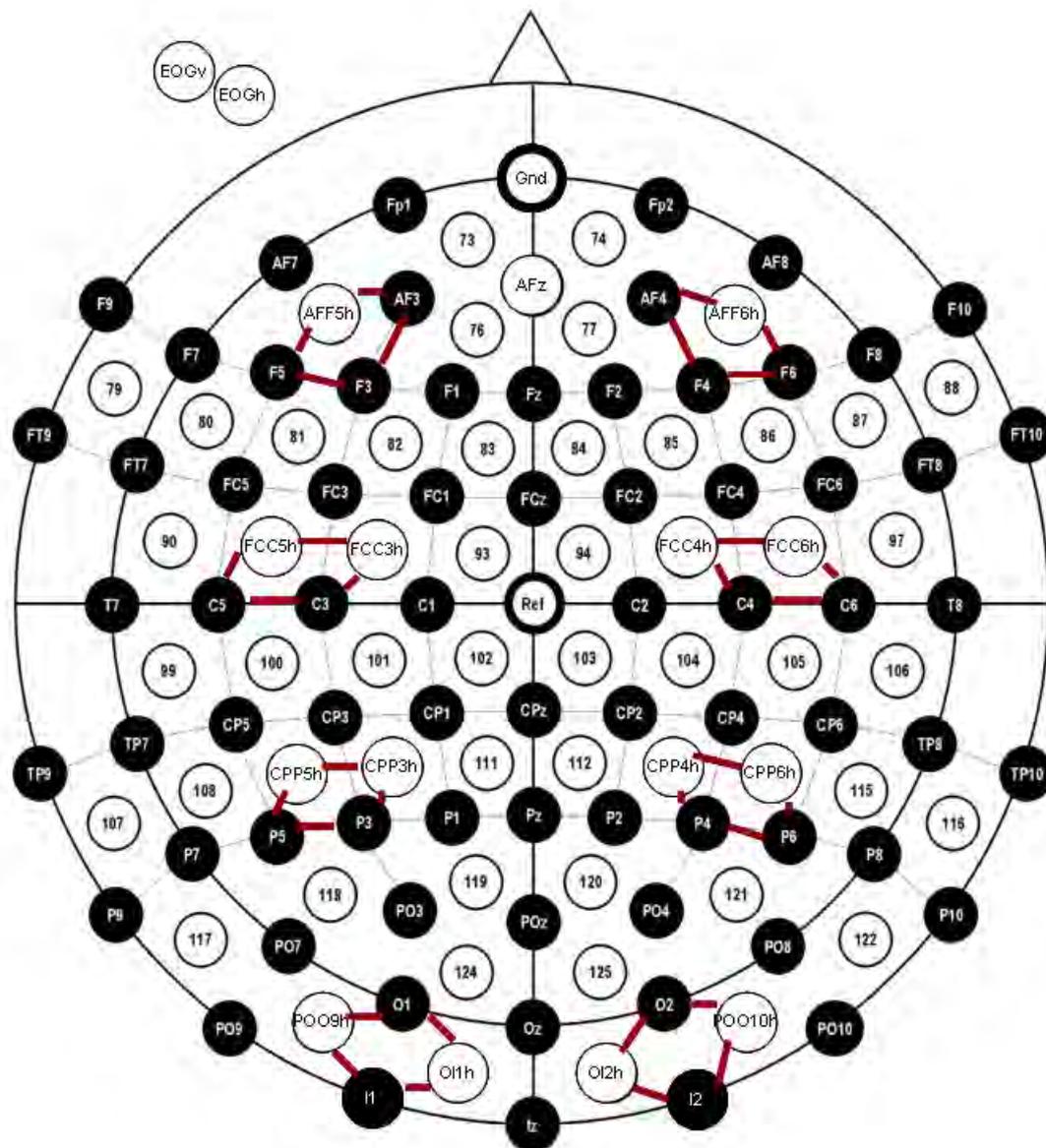


Figura 1. Muestra los grupos de cuatro electrodos analizados por hemisferio y posición.

Para el segundo propósito del trabajo se analizó primero el porcentaje de respuestas correctas en dos niveles de complejidad con el fin de descartar diferencias significativas entre los grupos. Para el nivel de baja complejidad se tomaron los datos de 0-atrás para ambos grupo y para el nivel de alta complejidad se tomaron los datos de 3-atrás para los adultos jóvenes y 2-atrás para los adultos mayores. No se encontraron diferencias significativas entre los grupos (ver apartado correspondiente en la sección de resultados). Se llevaron a cabo ANOVAs mixtos con los datos de amplitud media de cada ventana de medición. El análisis consistió en un diseño con los factores grupo de edad (adultos jóvenes y adultos mayores), tarea (verbal y visual), condición de complejidad (baja y alta), hemisferio (izquierdo, derecho) y posición (frontal, central, parietal y occipital).

Cuando no se cumplió el principio de esfericidad, los grados de libertad fueron corregidos con el método propuesto por Greenhouse-Geisser para medidas repetidas. En esos casos se reportan los grados de libertad sin corrección, la probabilidad corregida y la epsilon ( $\epsilon$ ). El nivel de probabilidad considerado como significativo fue de  $p < 0.05$ . Las interacciones de medidas repetidas que resultaron significativas se analizaron en el programa Statistica mediante la prueba post hoc de Tukey (HSD) y las interacciones mixtas significativas se analizaron mediante ANOVAS subsidiarios con el fin de precisar el efecto del factor grupo o del factor sexo sobre las demás variables. En estos casos, el nivel de significancia fue corregido por el método de Bonferroni para evitar la ocurrencia del error tipo I y sólo se reportan los resultados cuando fueron significativos con el nuevo valor de  $\alpha$ .

## Resultados

### Porcentaje de Respuestas Correctas (0, 1 y 2 atrás entre los grupos de edad)

El análisis de varianza mixto del porcentaje de respuestas correctas fue significativo para los factores **Grupo**  $F(1, 36) = 6.026, p < .001$ ; (Media  $\pm$  EE:  $94.3 \pm 0.7$  y  $91.8 \pm 0.7$ , adultos jóvenes y mayores, respectivamente), **Tarea**  $F(1,36) = 47.378, p < .001$  ( $91 \pm 0.6$  y  $95.01 \pm 0.6$ , visoespacial y verbal, respectivamente) y **Complejidad**  $F(1,72) = 133.776, p < .001 \epsilon = .814$  ( $97.9 \pm 0.5, 95.4 \pm 0.6$  y  $85.7 \pm 0.9$ , complejidad 0, 1 y 2 atrás, respectivamente). De acuerdo al análisis post hoc de Tukey, los participantes tuvieron un menor porcentaje de respuestas correctas en la tarea de 2-atrás que en 0 y 1-atrás. Asimismo, resultaron significativas cuatro interacciones de primer orden, la primera entre los factores **Grupo** y **Tarea**  $F(1,36) = 5.911, p = .02$ . Los adultos jóvenes tuvieron un mayor porcentaje de respuestas correctas que los adultos mayores en la tarea de memoria de trabajo visual  $F(1, 38) = 9.09, p < .001$  ( $92.9 \pm 0.9$  y  $89.1 \pm .09$ , adultos jóvenes y adultos mayores, respectivamente, en la tarea visual). Los adultos mayores tuvieron un menor porcentaje de respuestas correctas  $F(1, 19) = 29.09, p < .001$  en la memoria de trabajo visual ( $89.1 \pm .09$ ) en comparación con la memoria de trabajo verbal ( $94.5 \pm .08$ ). En la figura 2 se muestra el porcentaje de aciertos de ambos grupos en

las dos versiones de la memoria de trabajo.

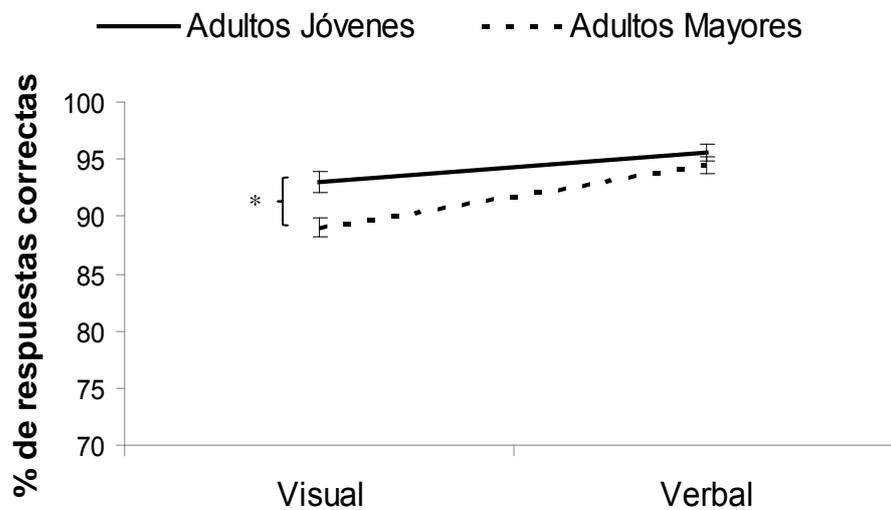


Figura 2. Media del porcentaje de respuestas correctas y error estándar en ambos tipos de memoria de trabajo: visual y verbal en adultos jóvenes (línea sólida) y mayores (línea punteada).

La segunda interacción significativa fue entre los factores **Complejidad** y **Grupo** ( $F(2,72) = 15.694, p < .001$ ). Se encontraron diferencias significativas en 2-atrás entre los grupos  $F(1, 38) = 16.662, p < .001$ . Los adultos mayores tuvieron un menor porcentaje de aciertos que los jóvenes ( $89.5 \pm 1.3$  y  $81.9 \pm 1.3$ , adultos jóvenes y adultos mayores, respectivamente, estos datos se muestran en la Figura 3).

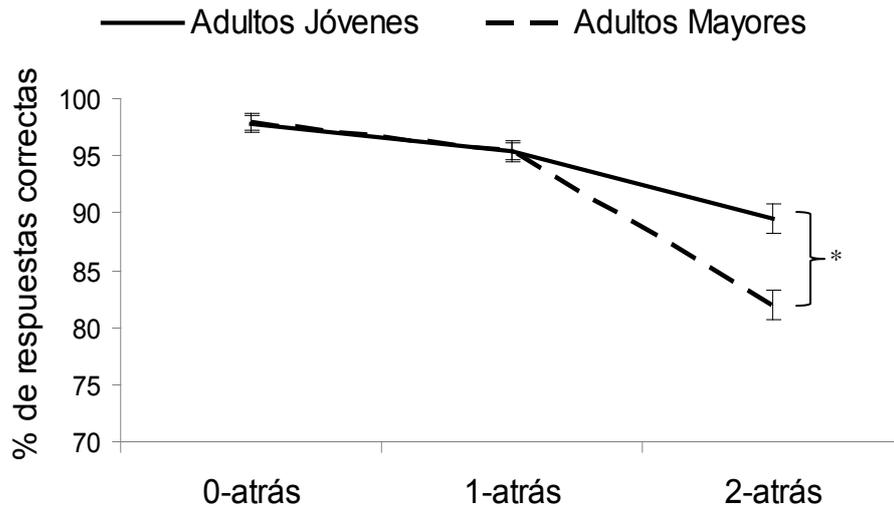


Figura 3. Media del porcentaje de respuestas correctas y error estándar en los tres niveles de complejidad (0, 1 y 2 atrás) en adultos jóvenes (línea sólida) y adultos mayores (línea punteada).

La tercera interacción significativa fue entre los factores **Tarea** y **Complejidad**  $F(2,72) = 20.311$   $p < .001$ . El análisis post hoc de Tukey reveló que el porcentaje de respuestas correctas en la tarea 2-atrás visual ( $81.3 \pm 1.1$ ) fue menor que en la tarea 2-atrás verbal (media de:  $90.1 \pm 1.1$ ). Estos resultados se muestran en la figura 4.

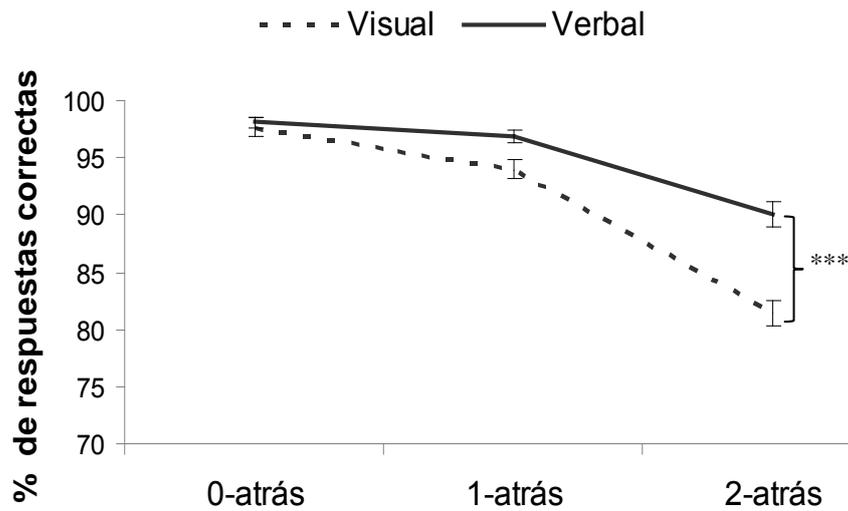


Figura 4. Media del porcentaje de respuestas correctas y error estándar en los tres niveles de complejidad (0, 1 y 2 atrás) en la memoria de trabajo visoespacial (línea sólida) y verbal (línea puntada).

La cuarta interacción significativa se encontró entre los factores **Complejidad** y **Ensayo** (estimulo blanco y no blanco)  $F(2,72) = 26.461, p < .001, \varepsilon = .782$ . El análisis post hoc de Tukey demostró que el porcentaje de respuestas correctas fue menor para los ensayos blanco que para los no blanco en las tareas 1 y 2 atrás. En la figura 5 se muestra los datos de la interacción **Complejidad** y **Ensayo**.

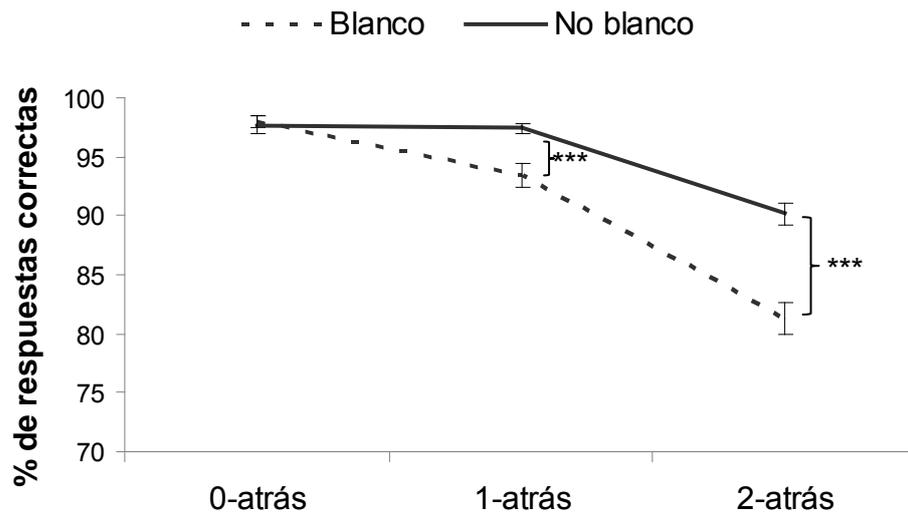


Figura 5. Media del porcentaje de respuestas correctas y error estándar en los tres niveles de complejidad (0, 1 y 2 atrás), en ambos tipos de ensayo: blanco (línea punteada) y no blanco (línea sólida).

## Tiempos de Reacción

El ANOVA mixto de los tiempos de reacción resultó significativo para los factores **Grupo**  $F(1,36) = 14.2.61, p = .001$ , **Tarea**  $F(1,36) = 69.187, p < .001$  y **Complejidad**  $F(2,72) = 149.022, p < .001$ . Los adultos jóvenes tuvieron menores tiempos de reacción ( $656 \pm 33$ ) que los adultos mayores ( $830 \pm 33$ ); la memoria de trabajo verbal requirió menor tiempo de reacción ( $658 \pm 24$ ) que la memoria de trabajo visoespacial ( $828 \pm 27$ ); y los tiempos de reacción fueron menores en las tareas 0-atrás ( $415 \pm 18$ ) que en las tareas 1-atrás ( $756 \pm 33$ ), a su vez, en éstas los tiempos de reacción fueron menores que en las tareas 2-atrás ( $1058 \pm 40$ ). Asimismo, se encontró una interacción significativa entre los factores **Grupo** y **Complejidad**  $F(2,72) = 3.286, p < .043$ , los grupos difirieron significativamente en las tareas 2-atrás  $F(1, 38) 12.744, p < .001$  ( $919 \pm 56$  y  $1197 \pm 56$ , adultos jóvenes y adultos mayores, respectivamente, en las tareas 2-atrás). En la figura 6 se muestran los tiempos de reacción de ambos grupos de edad en los tres niveles de complejidad.

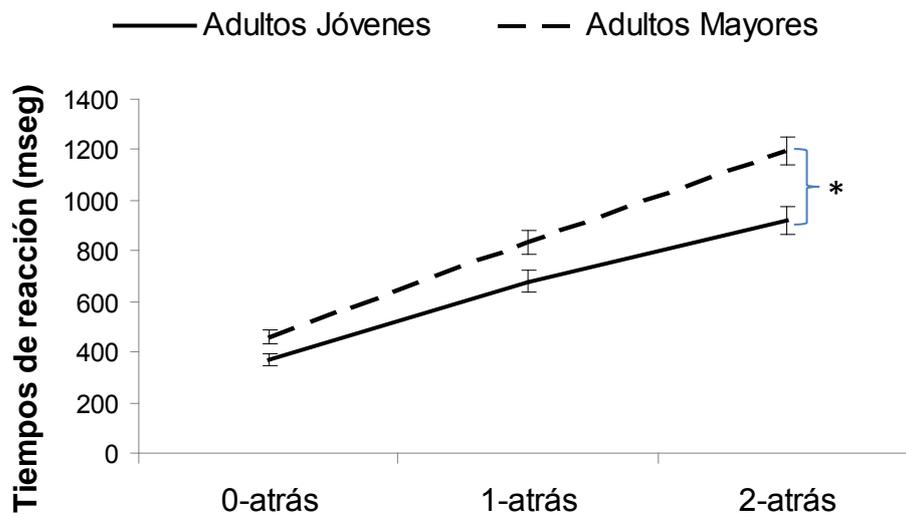


Figura 6. Media de los tiempos de reacción y error estándar en los tres niveles de complejidad (0, 1 y 2 atrás), en adultos jóvenes (línea sólida) y mayores (línea punteada).

La interacción entre los factores **Tarea** (verbal y visoespacial) y **Complejidad** (0, 1 y 2 atrás) también resultó significativa  $F(2,72) = 13.186, p < .001$ . Los análisis post hoc de Tukey revelaron que en las tareas 1 y 2 atrás los tiempos de reacción fueron menores en la tarea verbal en comparación con las tareas visuales. Los tiempos de reacción de estos datos se muestran en la figura 7.

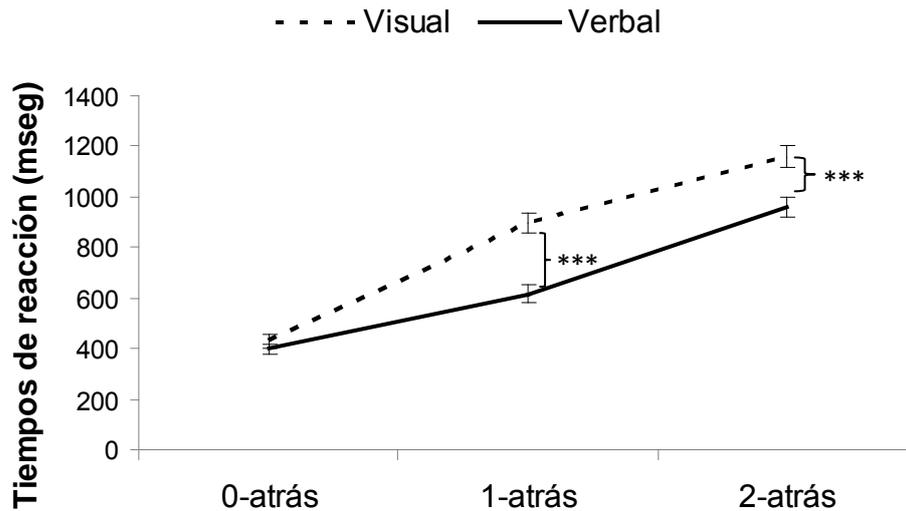


Figura 7. Media de los tiempos de reacción y error estándar en los tres niveles de complejidad (0, 1 y 2 atrás), en la memoria de trabajo visual (línea puntada) y verbal (línea sólida).

La interacción entre los factores **Tarea**, **Complejidad** y **Ejecución** fue significativa  $F(2,72) = 7.607, p < .001, \epsilon = .840$ . Los análisis post hoc de Tukey revelaron que los tiempos de reacción fueron menores en las respuestas incorrectas que en las respuestas correctas en las tareas 0-atrás y 1-atrás, en estas últimas sólo en la tarea verbal. Asimismo, los tiempos de reacción fueron mayores en las respuestas incorrectas que en las correctas en las tareas de 2-atrás. Las medias de los tiempos de reacción de los tres niveles de complejidad para respuestas correctas e incorrectas se muestran en la Figura 8.

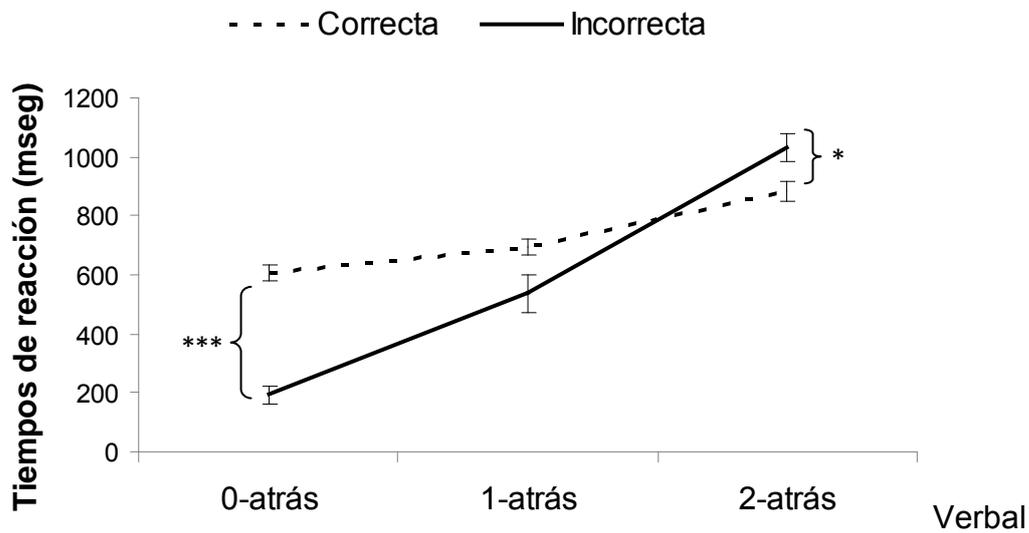
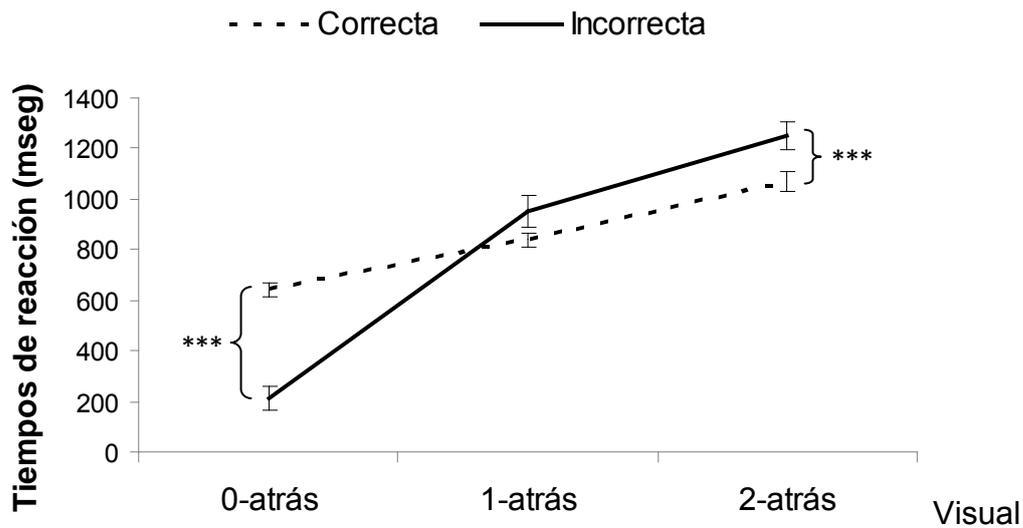


Figura 8. Media de los tiempos de reacción y error estándar en los tres niveles de complejidad (0, 1 y 2 atrás), en la memoria de trabajo visual y verbal durante respuestas correctas (línea punteada) e incorrectas (línea sólida).

## **Resumen de resultados conductuales**

Los adultos mayores tuvieron una menor ejecución en la tarea visual y en 2-atrás en comparación con los adultos jóvenes. A su vez, los adultos mayores presentaron un menor desempeño en la tarea de memoria visual que la tarea de memoria verbal. Durante la tarea 2-atrás verbal el desempeño de los participantes fue mayor que en la tarea 2-atrás visual. Las respuestas correctas para los ensayos tipo blanco fueron menores que para los ensayos tipo no blancos durante 1 y 2-atrás.

Mientras que en los tiempos de reacción los adultos mayores en comparación con los adultos jóvenes emplearon mayores tiempos para responder durante la tarea de mayor complejidad. La memoria de trabajo verbal requirió menores tiempos de reacción que la memoria de trabajo visual en 1 y 2-atrás. Las respuestas incorrectas demandaron menores tiempos de reacción que las respuestas correctas en 0 y 1-atrás durante la memoria de trabajo verbal, mientras que en la tarea de 2-atrás las respuestas correctas requirieron mayores tiempos de reacción que las respuestas incorrectas tanto en la memoria de trabajo verbal como visual.

## **Potenciales Relacionados a Eventos**

En las Figuras 9, 10, 11 y 12 se muestran los PRE registrados durante las tareas de memoria de trabajo (visual y verbal), en los tres niveles de complejidad (0, 1 y 2 atrás), en adultos jóvenes y mayores. Sólo se reportan los resultados cuando los factores tarea y complejidad, y sus interacciones resultaron significativos.

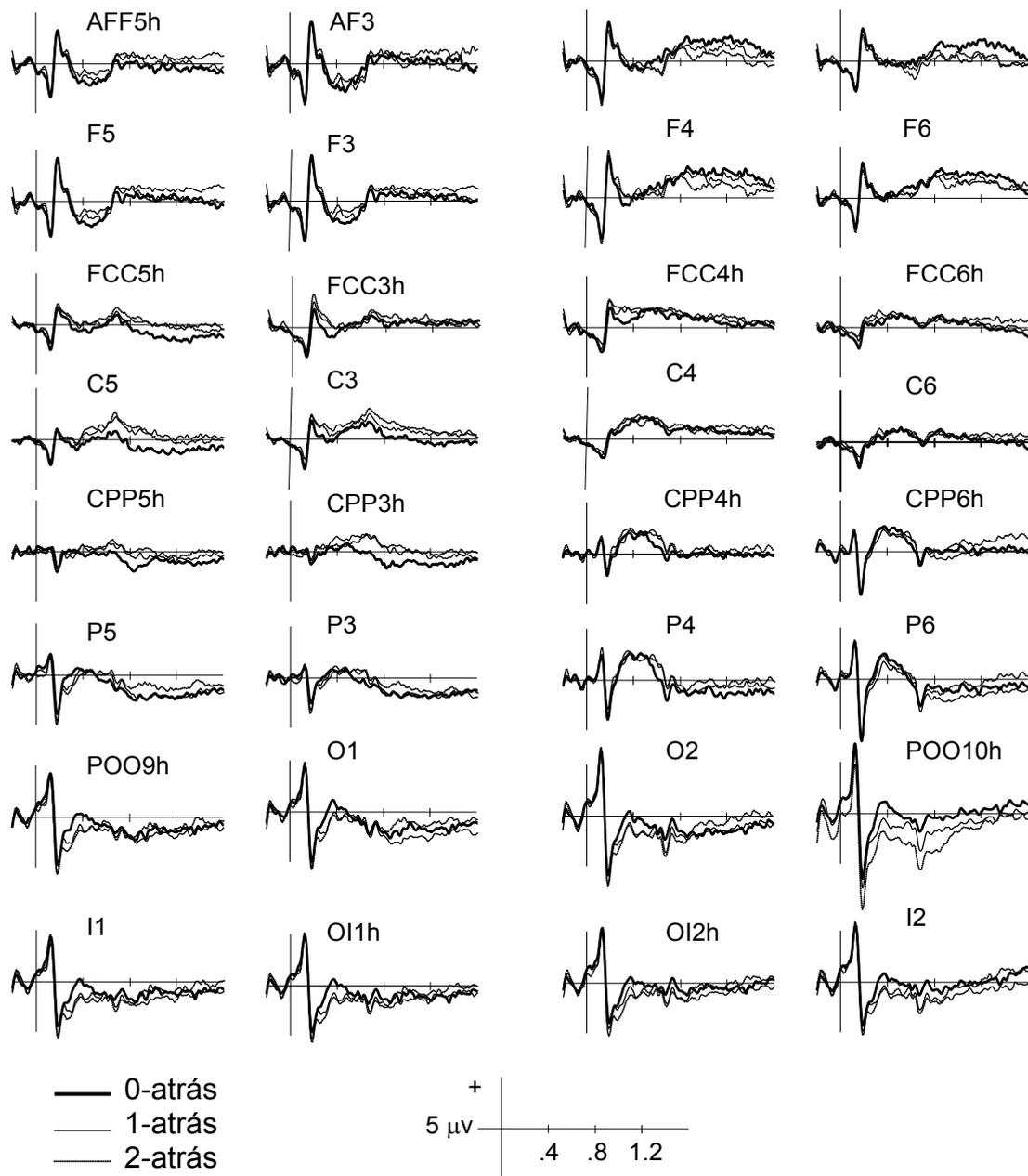


Figura 9. Potenciales relacionados a eventos de los adultos jóvenes durante la tarea visual

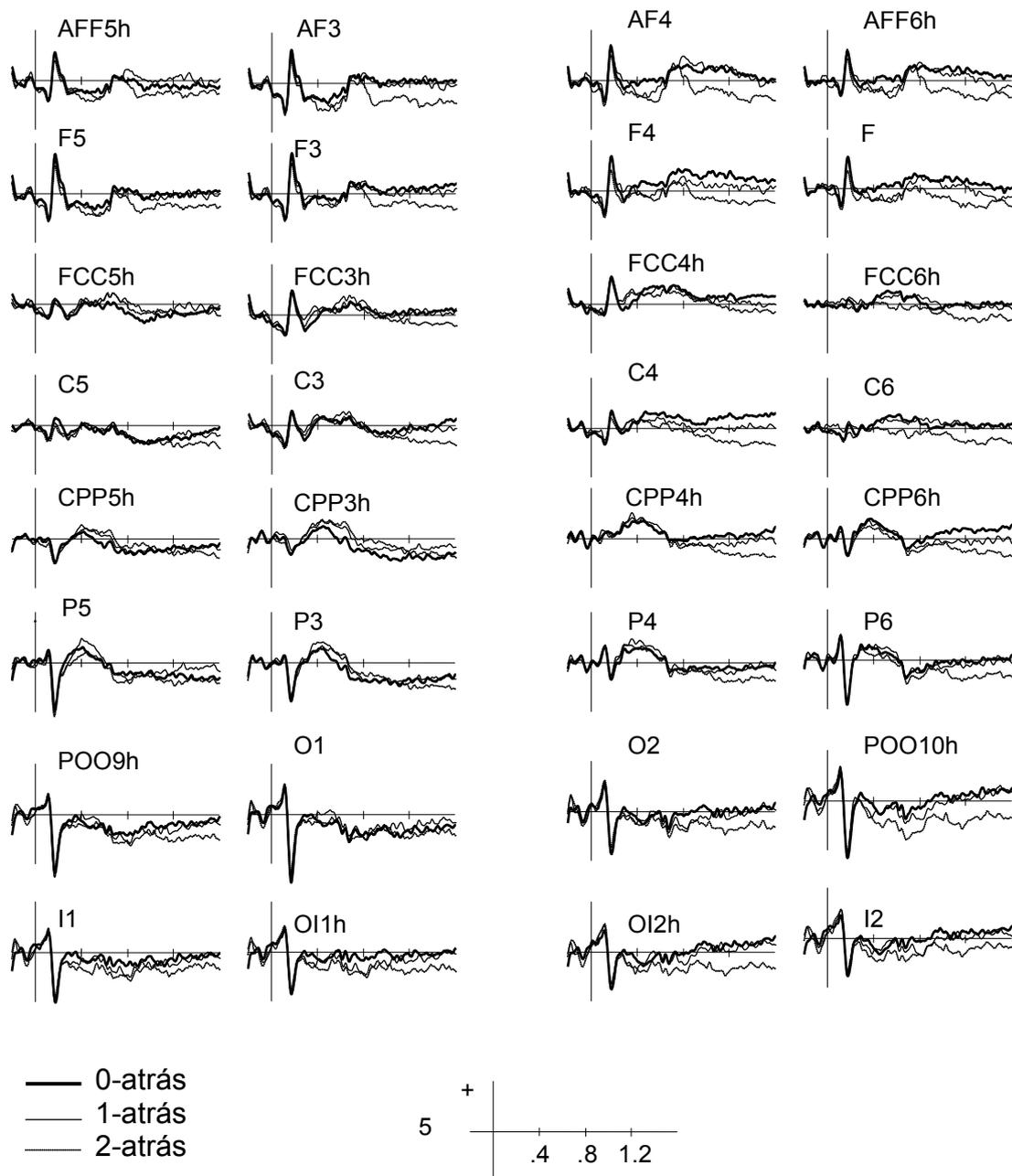


Figura 10. Potenciales relacionados a eventos de los adultos jóvenes durante la tarea verbal

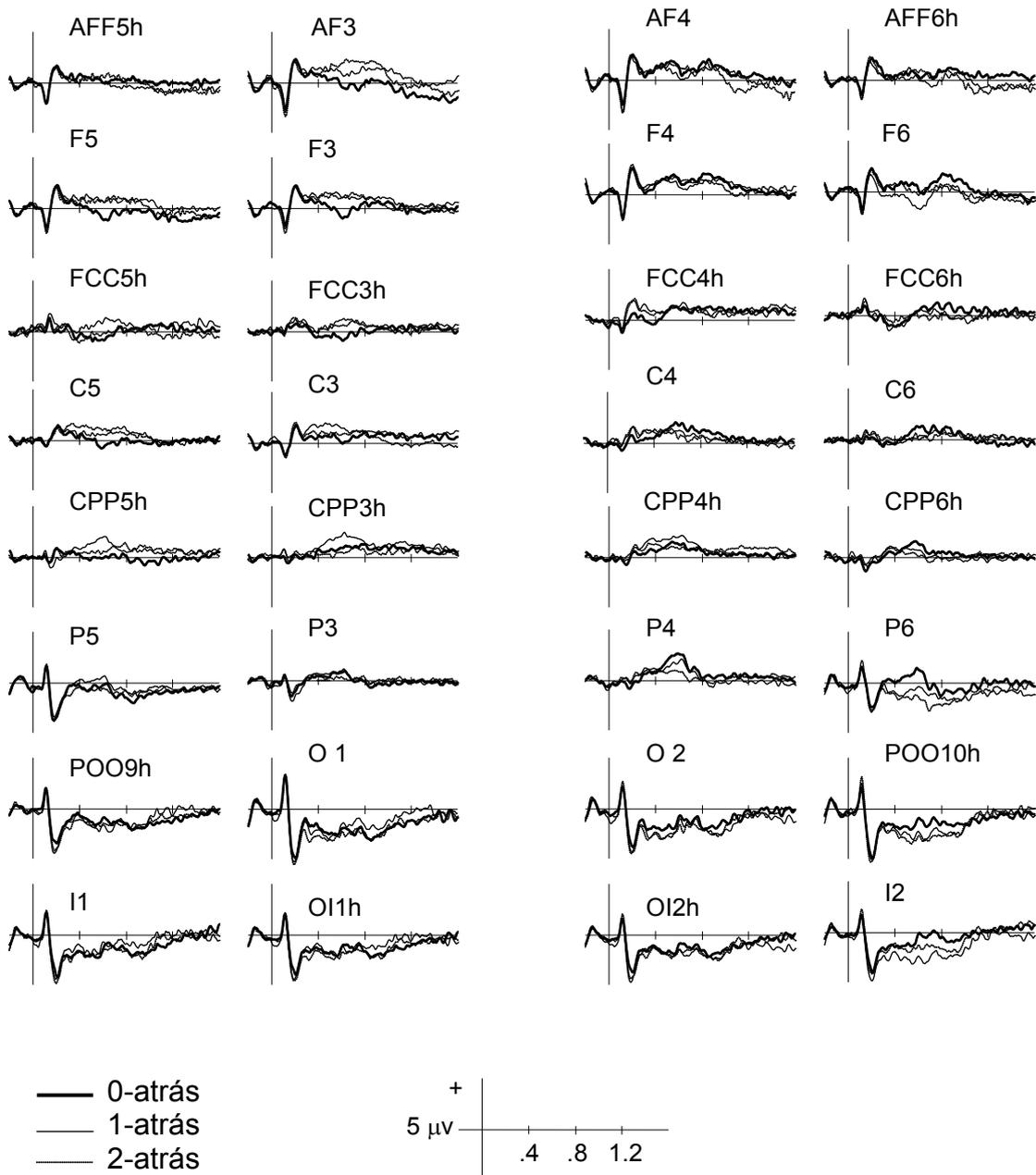


Figura 11. Potenciales relacionados a eventos de los adultos mayores durante la tarea visual

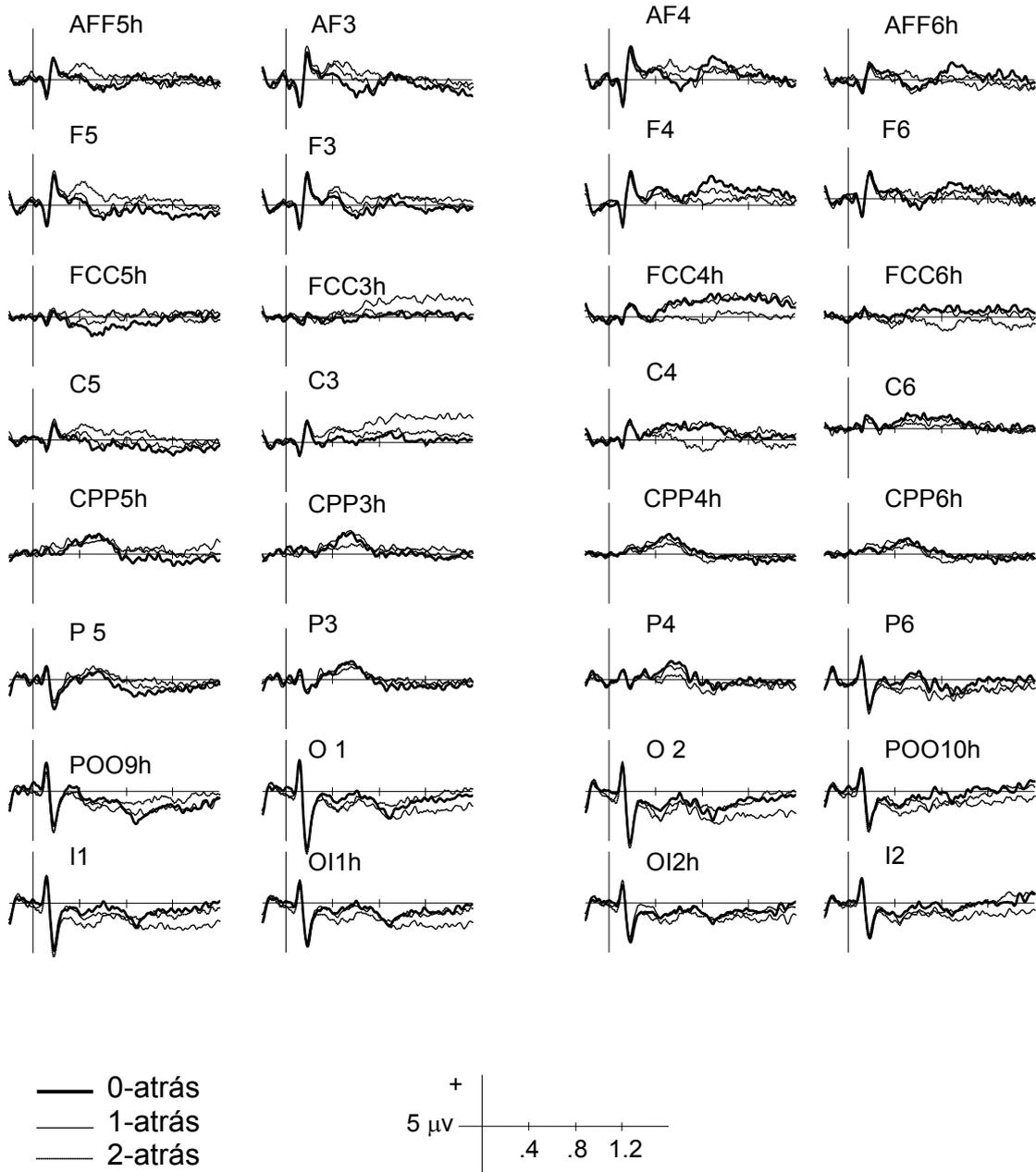


Figura 12. Potenciales relacionados a eventos de los adultos mayores durante la tarea verbal

### *Componente P100 (Componente Positivo entre los 50-150 mseg post-estímulo)*

El ANOVA mixto para analizar este componente resultó significativo para la interacción de los factores: **Tarea, Posición y Grupo** ( $F(3, 108) = 4.253, p = .007$ ). Con el objetivo de analizar esta interacción se llevaron a cabo ANOVAs subsidiarios con los factores **Tarea y Grupo** en cada una de las posiciones (frontal, central, parietal y occipital). La interacción **Tarea y Grupo**  $F(1, 38) = 4.104, p < .05$  resultó significativa solamente en la posición parietal. Las diferencias entre los grupos se ubicaron en la tarea visual  $F(1, 38) = 4.430, p < .05$ , pero no en la tarea verbal  $F(1, 38) = 0.0, p > .05$ , es decir, en los adultos mayores se registró una menor amplitud positiva en las derivaciones parietales durante la tarea visual (media  $\pm$  error estándar:  $0.05 \pm 0.11$ ) en comparación con los adultos jóvenes ( $0.35 \pm 0.11$ ), mientras que la amplitud registrada durante la tarea verbal no varió entre los grupos (adultos jóvenes:  $0.15 \pm 0.1$ ; adultos mayores:  $0.15 \pm 0.1$ ). En la figura 13 se muestra la amplitud media registrada en las derivaciones parietales de ambos grupos de edad en ambas tareas de la memoria de trabajo.

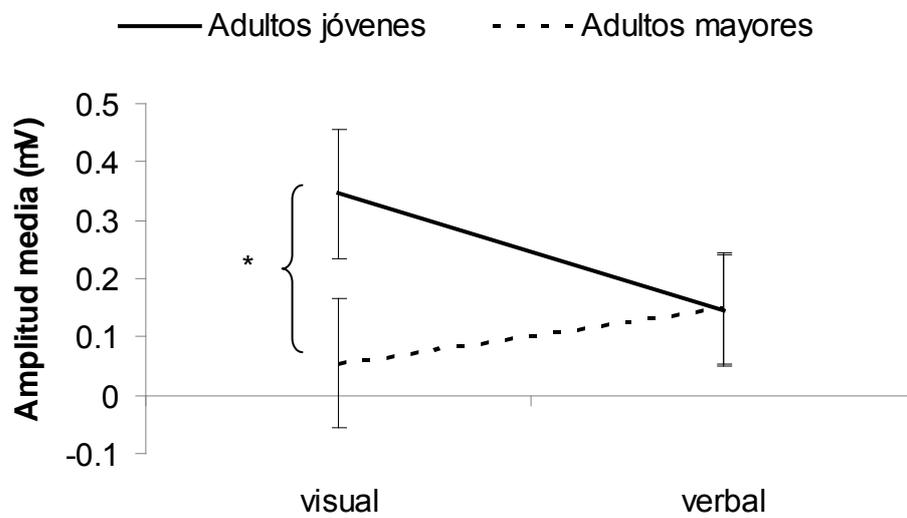


Figura 13. Muestra la amplitud media ( $\mu\text{V}$ ) y el error estándar en las derivaciones parietales en ambos grupos de edad: adultos jóvenes (línea sólida) y adultos mayores (línea punteada) durante la tarea de memoria de trabajo visual (lado izquierdo) y la tarea de memoria de trabajo verbal (lado derecho).

### *Componente N200 (Componente Negativo entre los 150-250 mseg post-estímulo)*

En el ANOVA mixto de esta ventana de medición resultaron significativas dos interacciones, la primera fue entre los factores: **Tarea, Hemisferio y Grupo**  $F(1, 36) = 7.009, p = .006$ ; y la segunda, con los factores **Tarea, Complejidad, Hemisferio y Grupo** ( $F(2, 72) = 3.201, p = .047$ ). Para analizar la primera interacción se llevaron a cabo análisis subsidiarios con los factores **Tarea y Grupo** independientes para cada hemisferio. La interacción de los factores **Tarea y Grupo** fue significativa sólo en el hemisferio izquierdo  $F(1, 38) = 4.952, p = .032$ . El ANOVA ubicó las diferencias significativas entre la amplitud registrada durante la tarea visual y la tarea verbal en el hemisferio izquierdo solamente en el grupo de adultos jóvenes  $F(1, 19) = 10.716, p = .004$  (tarea visual:  $-0.19 \pm 0.62$ ; tarea verbal:  $-0.34 \pm 0.94$ ), pero no en el grupo de adultos mayores  $F(1, 19) = 2.157, p > .05$  (tarea visual:  $-0.28 \pm 0.62$ ; tarea verbal:  $-0.15 \pm 0.94$ ). En la figura 14 se muestra la amplitud media de estos datos.

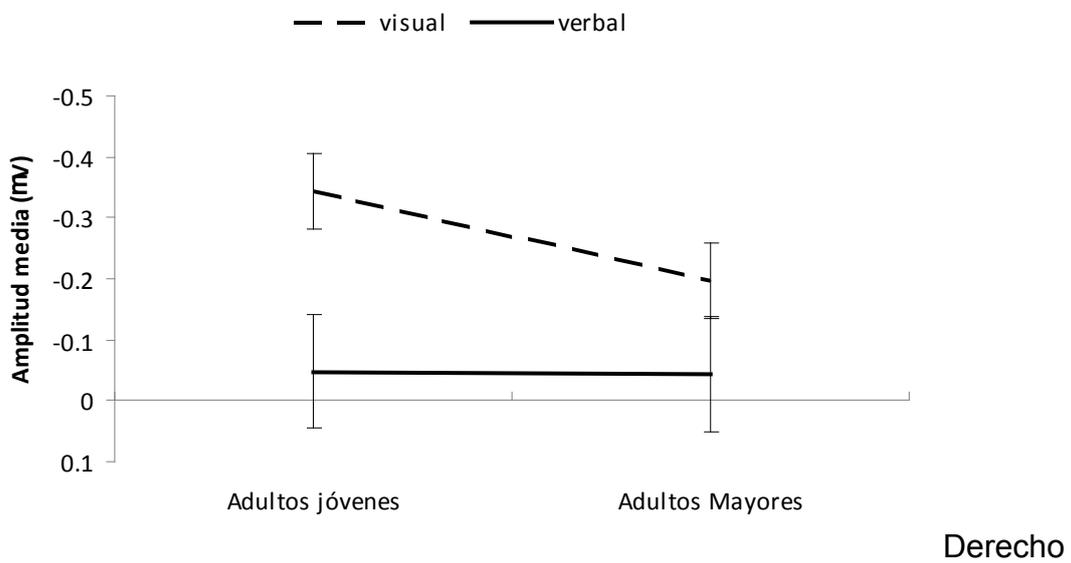
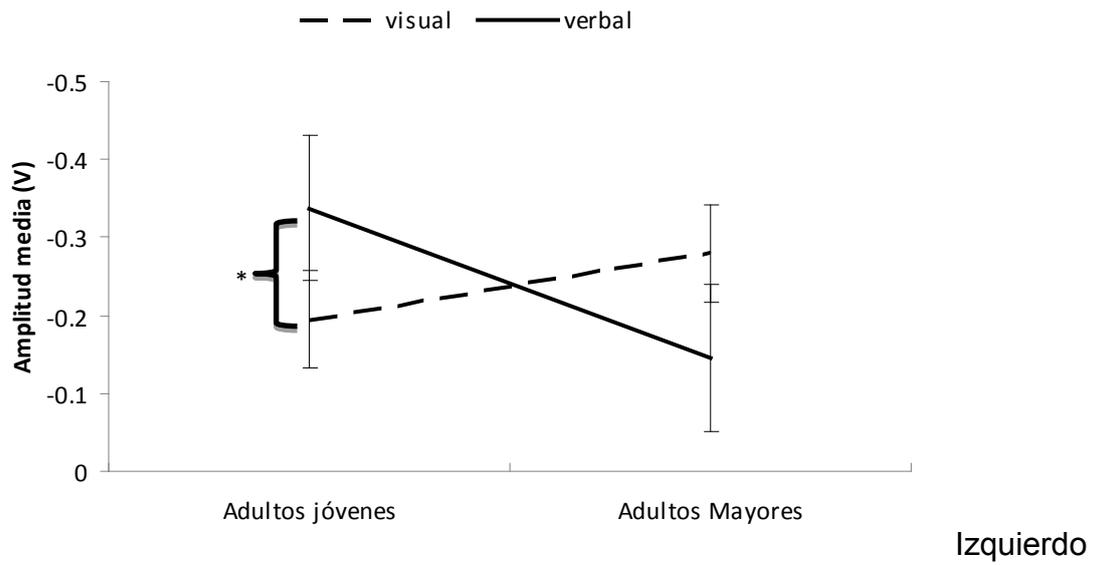


Figura 14. Muestra la amplitud media ( $\mu\text{V}$ ) y el error estándar en ambos grupos de edad de ambas tareas de la memoria de trabajo: visual (línea punteada) y verbal (línea sólida), en el hemisferio izquierdo y derecho.

Para el análisis de la segunda interacción (**Tarea, Complejidad, Hemisferio y Grupo**) se realizó un ANOVA mixto con los factores **Tarea, Hemisferio y Grupo** en cada nivel de complejidad (0-atrás, 1-atrás y 2-atrás). La interacción **Tarea, Hemisferio y Grupo** resultó significativa sólo en el mayor nivel de complejidad (2-atrás)  $F(1, 38) = 6.586, p = .014$ , para analizar esta interacción se hizo un ANOVA mixto con los factores **Hemisferio y Grupo** para la memoria de trabajo visual y otro ANOVA para la memoria de trabajo verbal, cabe señalar que los datos que se introdujeron al análisis son solamente la amplitud registrada durante la tarea 2-atrás. La interacción **Hemisferio y Grupo** resultó significativa sólo en la tarea visual  $F(1, 38) = 4.695, p = .03$ , pero no en la tarea verbal  $F(1, 38) = 1.073, p = .31$ . Los adultos jóvenes difirieron de los adultos mayores en la amplitud de los PREs registrada durante la tarea 2-atrás visual en el hemisferio derecho  $F(1, 38) = 4.275, p = .02$ , pero no en el hemisferio izquierdo  $F(1, 38) = 0.333, p = .567$ . En la figura 15 se muestra la amplitud media registrada durante la tarea 2-atrás en ambos grupos de edad.

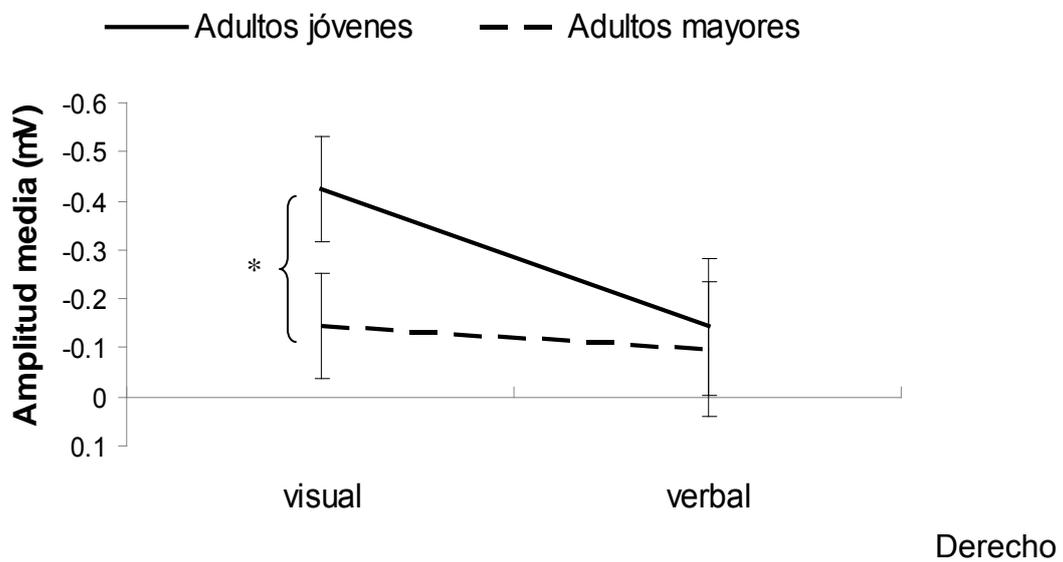
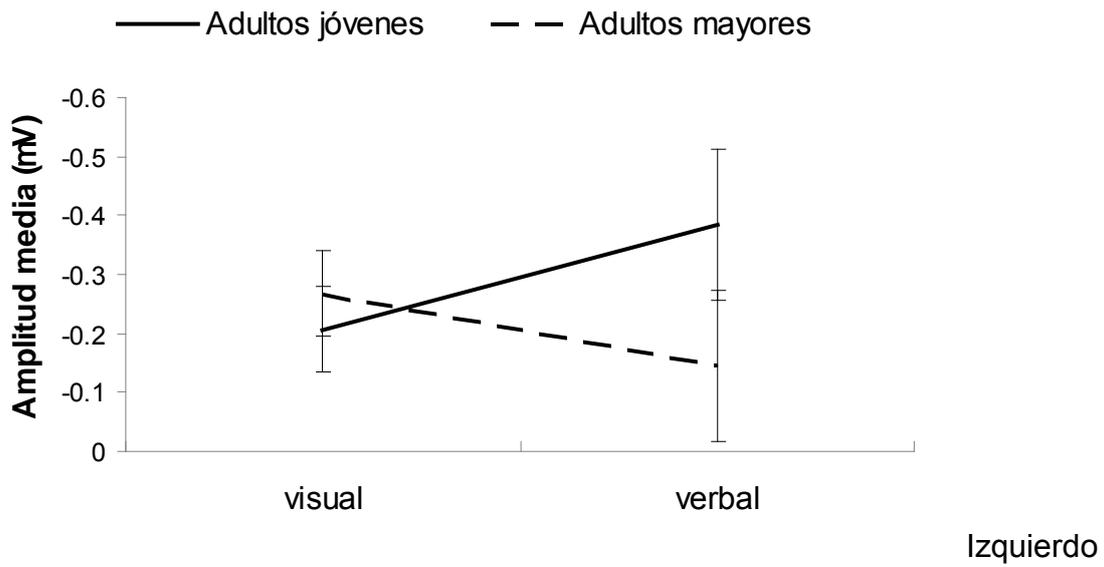


Figura 15. Muestra la amplitud media ( $\mu\text{V}$ ) y el error estándar en adultos jóvenes (línea sólida) y adultos mayores (línea punteada) en la tarea **2-atrás** en la memoria de trabajo visual y verbal en ambos hemisferios.

*Componente N300 (Componente Negativo entre los 250-350 mseg post-estímulo)*

El ANOVA mixto resultó significativo para la interacción de los factores **Tarea y Posición** ( $F(3, 108) = 13.443, p < .001, \varepsilon = .638$ ) y **Complejidad y Posición** ( $F(3, 108) = 4.605, p = .004, \varepsilon = .513$ ). De acuerdo al análisis post hoc de Tukey, este componente difirió en las derivaciones occipitales entre la tarea visual ( $-0.98 \pm 0.2$ ) y la verbal ( $-0.32 \pm 0.18$ ) y entre 0-atrás ( $-0.42 \pm 0.17$ ) de 2- atrás ( $-0.87 \pm 0.2$ ) (Ver Tabla 3). Es decir, se registró una mayor amplitud negativa durante la memoria de trabajo visual y durante la tarea de mayor complejidad (2-atrás)

Tabla 3. Amplitud media en  $\mu\text{V}$  (error estándar) del Componente N300 para la memoria de trabajo visual y verbal y los tres niveles de complejidad en las cuatro posiciones.

	Memoria de trabajo		Complejidad		
	Visual	Verbal	0-atrás	1-atrás	2-atrás
Frontal	0.25 (0.12)	0.02 (0.15)	0.07 (0.13)	0.20 (0.14)	0.12 (0.13)
Central	0.30 (0.09)	-0.06 (0.07)	-0.01 (0.06)	0.18 (0.09)	0.19 (0.10)
Parietal	0.19 (0.10)	0.29 (0.11)	0.27 (0.10)	0.25 (0.11)	0.21 (0.09)
Occipital*	-0.98 (0.20)	-0.32 (0.18)	-0.42 (0.17)	-0.66 (0.18)	-0.87 (0.20)

\* Diferencias significativas entre la tarea visual y la tarea verbal y entre 0-atrás con 2-atrás.

### Componente P300 (Componente Positivo entre los 350-650 mseg post-estímulo)

El ANOVA mixto resultó significativo para la interacción entre los factores **Complejidad y Hemisferio**  $F(2, 72) = 8.202, p = .001, \epsilon = .880$ . De acuerdo al análisis post hoc de Tukey, durante la tarea de 0-atrás se registró una mayor amplitud positiva ( $0.22 \pm 0.06$ ) que en 2-atrás ( $0.02 \pm 0.08$ ) sólo en el hemisferio derecho. La amplitud media de estos datos son mostrados en la figura 16. Asimismo, sólo en la tarea de 0-atrás se observó una mayor amplitud positiva en el hemisferio derecho que en el hemisferio izquierdo ( $-0.15 \pm 0.05$ ).

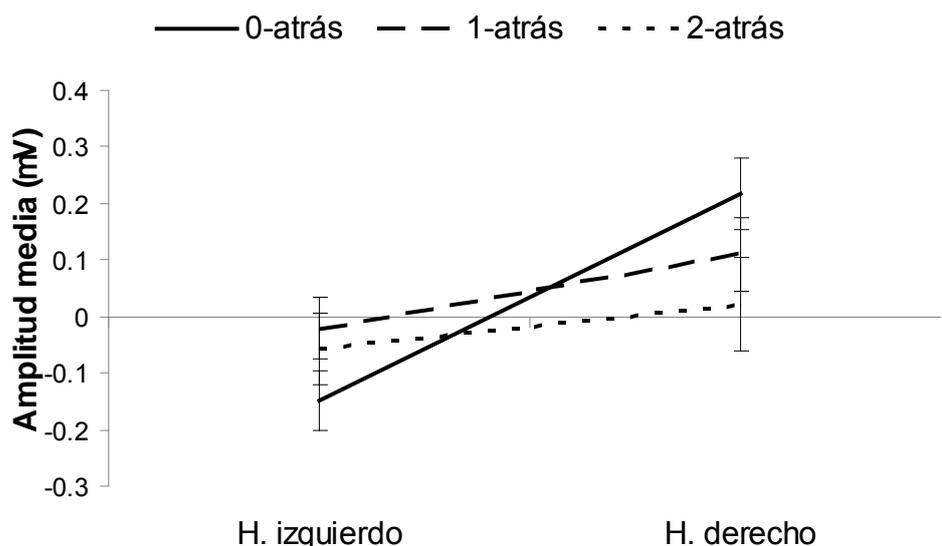


Figura 16. Muestra la amplitud media ( $\mu V$ ) y el error estándar en los tres niveles de complejidad: 0-atrás (línea sólida), 1-atrás (línea punteada grande) y 2-atrás (línea punteada pequeña) en ambos hemisferios.

## *Componente Negativo Tardío (Componente Negativo entre los 650-750 mseg post-estímulo)*

El ANOVA mixto resulto significativo para la interacción de los factores

**Complejidad y Hemisferio**  $F(2, 72) = 11.707, p < .001, \epsilon = .986$ . De acuerdo

al análisis post hoc de Tukey, durante la tarea de menor complejidad se

registró una mayor amplitud en ambos hemisferios (hemisferio izquierdo:  $-0.19$

$\pm 0.6$ ; hemisferio derecho:  $0.11 \pm 0.7$ ) en comparación con la tarea de mayor

complejidad (hemisferio izquierdo:  $0.03 \pm 0.09$ ; hemisferio derecho:  $-0.13 \pm$

$0.12$ ). Asimismo, en 0-atrás se observó una diferencia de amplitud entre los dos

hemisferios. En la figura 17 se muestra la amplitud media registrada de este

componente.

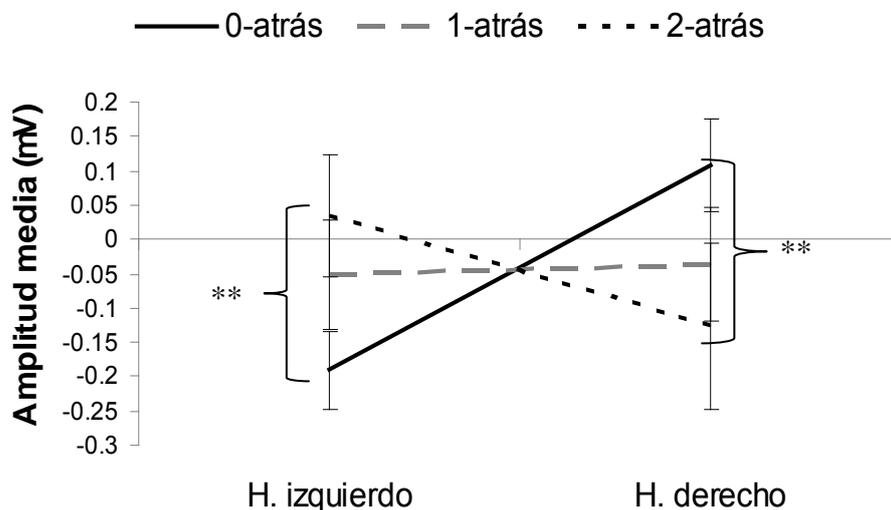


Figura 17. Muestra la amplitud media ( $\mu V$ ) y el error estándar en los tres niveles de complejidad: 0-atrás (línea sólida), 1-atrás (línea punteada grande) y 2-atrás (línea punteada pequeña) en ambos hemisferios.

*Componente Positivo Tardío (Componente Positivo entre los 750-1200 msec post-estímulo)*

El ANOVA mixto resultó significativo para la interacción entre los factores **Complejidad y Hemisferio**  $F(2, 72) = 5.570, p = .006, \epsilon = .987$ . De acuerdo al análisis post hoc de Tukey, durante la tarea de 0-atrás se registró una mayor amplitud positiva ( $0.15 \pm 0.09$ ) que en 2-atrás ( $-0.09 \pm 0.15$ ) sólo en el hemisferio derecho. La diferencias de amplitud registrada se muestran en la figura 18.

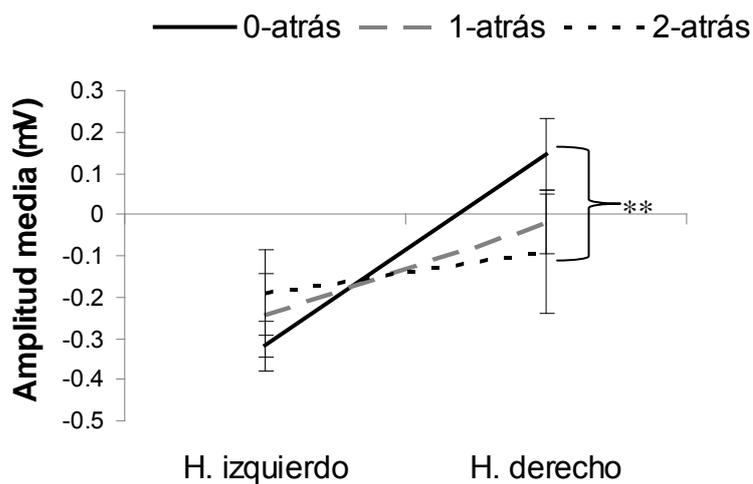


Figura 18. Muestra la amplitud media ( $\mu V$ ) y el error estándar en los tres niveles de complejidad: 0-atrás (línea sólida), 1-atrás (línea punteada grande) y 2-atrás (línea punteada pequeña) en ambos hemisferios.

## **Resumen de los resultados de los PRE**

En el componente P100 se encontraron diferencias significativas entre los grupos de edad, la diferencia se observó en la memoria de trabajo visual en las derivaciones parietales. A su vez, en el componente N200, la amplitud registrada se diferenció entre los grupos de edad en la tareas 2-atrás visual en el hemisferio derecho, asimismo, en los adultos jóvenes se observó una variación de amplitud en el hemisferio izquierdo, la amplitud de este componente fue mayor durante la tarea de trabajo verbal en comparación con la memoria de trabajo visual mientras que en los adultos mayores no se observó dicha diferencia. Por otro lado, en el componente N300 se registró una mayor amplitud negativa en las derivaciones occipitales durante la tarea de 2-atrás en comparación con la versión de 0-atrás, y en la tarea visual en comparación con la verbal. A partir del componente P300 la amplitud fue mayor para la tarea 0-atrás en comparación con 2-atrás, dicha diferencia se mantuvo hasta el componente Positivo Tardío, en el componente P300 y en el componente Positivo Tardío la diferencia reportada se presentó en el hemisferio derecho y en el componente Negativo Tardío la diferencia fue observada en ambos hemisferios.

## **Resultados Conductuales en Condiciones de Desempeño**

### **Equivalente entre los Grupos**

Para corroborar que no existieran diferencias significativas en el porcentaje de aciertos entre los dos grupos de edad en la condición de baja complejidad (0- atrás para ambos grupos) y en la condición de alta complejidad (2 atrás adultos mayores y 3 atrás adultos jóvenes) se llevó a cabo un ANOVA mixto con los factores grupo (adultos jóvenes y adultos mayores), tarea (verbal y visual) y condición (alta y baja complejidad). No se encontraron diferencias en el porcentaje de respuestas correctas entre los grupos  $F(1, 38) = 0.634, p = .431$ , pero sí entre condiciones  $F(1, 38) = 182.551, p < .001$ . En la condición de alta complejidad se observó un menor porcentaje de respuestas correctas que en la condición de baja complejidad (ver Tabla 4). Asimismo, el factor tarea resultó significativo  $F(1, 38) = 34.759, p < .001$ , el desempeño fue superior en las tareas verbales que en las tareas visuales.

**Tabla 4.** Media del porcentaje de respuestas correctas y error estándar en las dos tareas de memoria de trabajo, en las dos condiciones de complejidad y en ambos grupos de edad.

	Adultos Jóvenes		Adultos mayores	
	Media	EE	Media	EE
BC Visual	97.75	1.30	97.22	1.30
AC Visual	81.27	1.73	77.92	1.73
BC Verbal	98.03	0.62	98.28	0.62
AC Verbal	89.64	1.61	89.38	1.61

AC= Condición de alta complejidad. BC = Condición de baja complejidad.

El ANOVA mixto de los tiempos de reacción con los factores grupo, tarea y condición de complejidad resultó significativo el factor **Grupo**  $F(1, 38) = 7.098, p < .011$ , los adultos mayores requirieron mayores tiempos de reacción que los adultos jóvenes (ver Tabla 5). La interacción entre los factores **Condición de Complejidad y Tarea** resultó significativa  $F(1, 38) = 22.498, p < .001$ . Los diferencias se ubicaron entre las tareas en la condición alta complejidad.

**Tabla 5.** Media de los tiempos de reacción y error estándar en las dos tareas de memoria de trabajo, en las dos condiciones de complejidad y en ambos grupos de edad.

	Adultos Jóvenes		Adultos mayores	
	Media	EE	Media	EE
BC Visual	596	41	692	41
AC Visual	1031	53	1203	53
BC Verbal	555	39	657	39
AC Verbal	845	47	1036	47

AC= Condición de alta complejidad. BC = Condición de baja complejidad.

### Resumen

Los análisis permitieron corroborar que no existen diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de respuestas correctas entre los grupos en ambos niveles de complejidad, baja y alta, tanto en la tarea visual como en la tarea verbal.

## **Potenciales Relacionados a Eventos en Condiciones de Desempeño Equivalente entre los Grupos**

En las Figuras 19, 20, 21 y 22 se muestran los PRE registrados durante las tareas de memoria de trabajo (visual y verbal), en ambas niveles de complejidad: baja (0-atrás para ambos grupos) y alta (3-atrás para adultos jóvenes y 2-atrás para adultos mayores). Sólo se reportan los resultados cuando el factor tarea o complejidad y sus interacciones resultaron significativas.

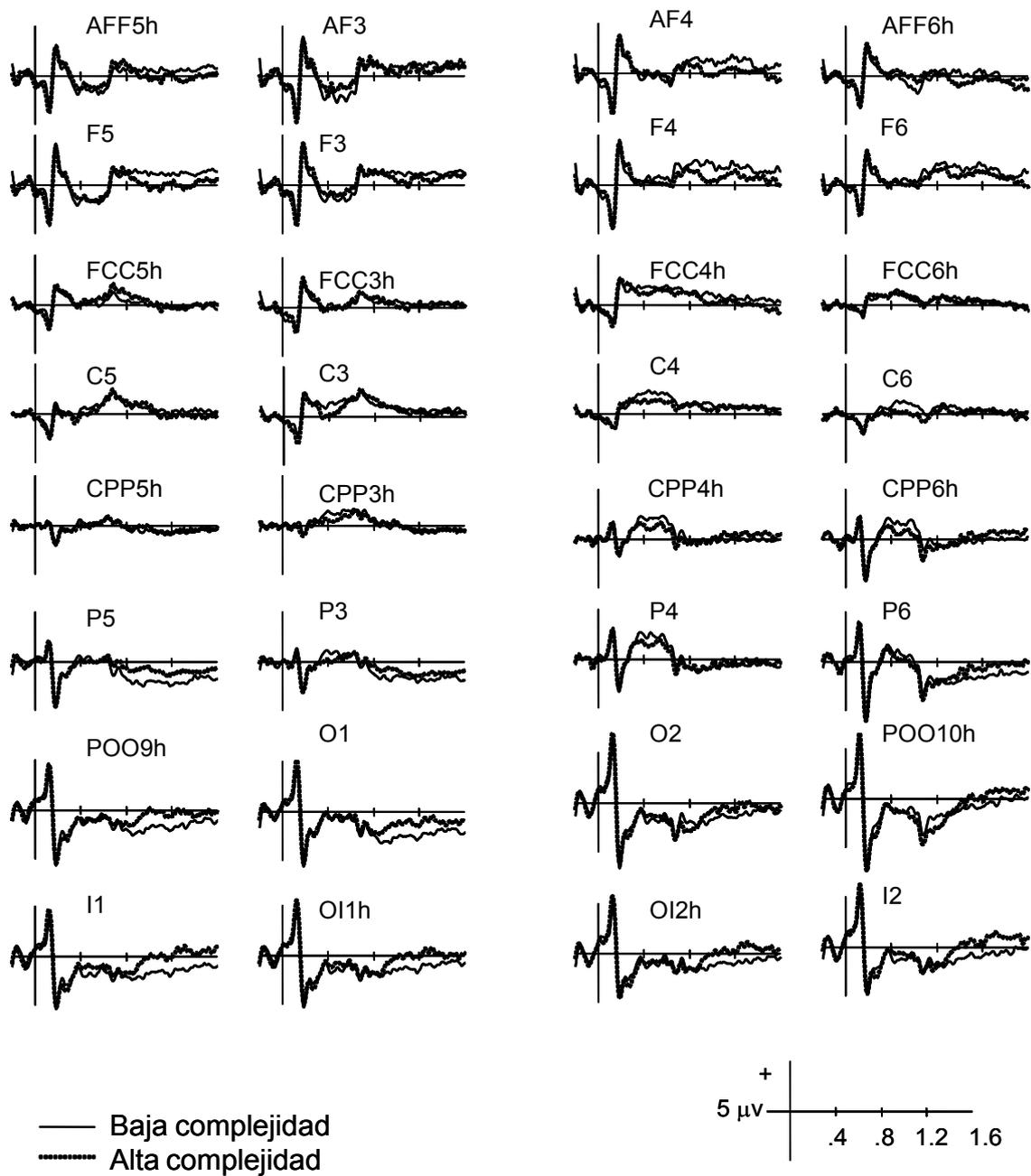


Figura 19. Potenciales relacionados a eventos en los adultos jóvenes durante la tarea visual

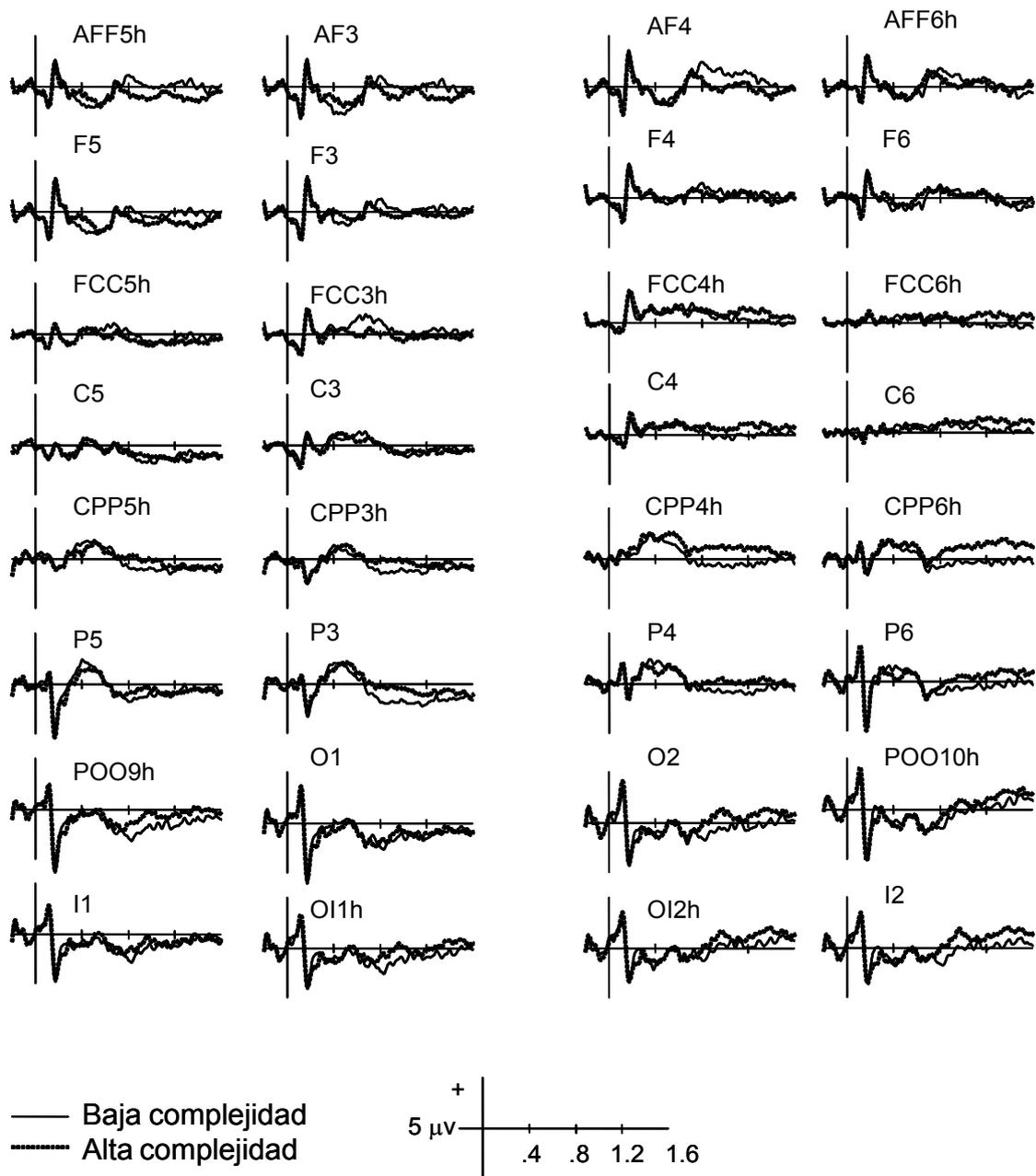


Figura 20. Potenciales relacionados a eventos de los adultos jóvenes durante la tarea verbal

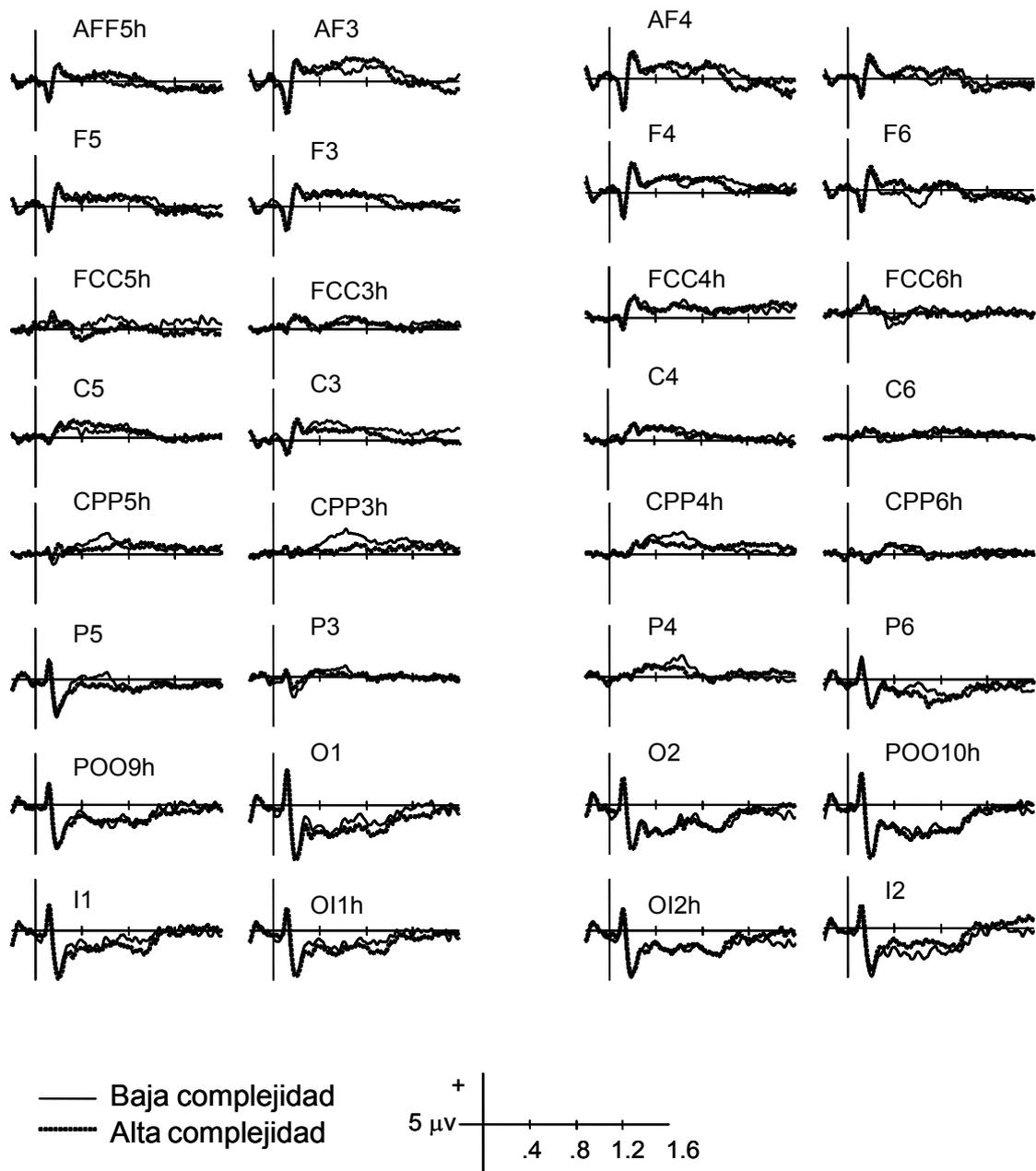
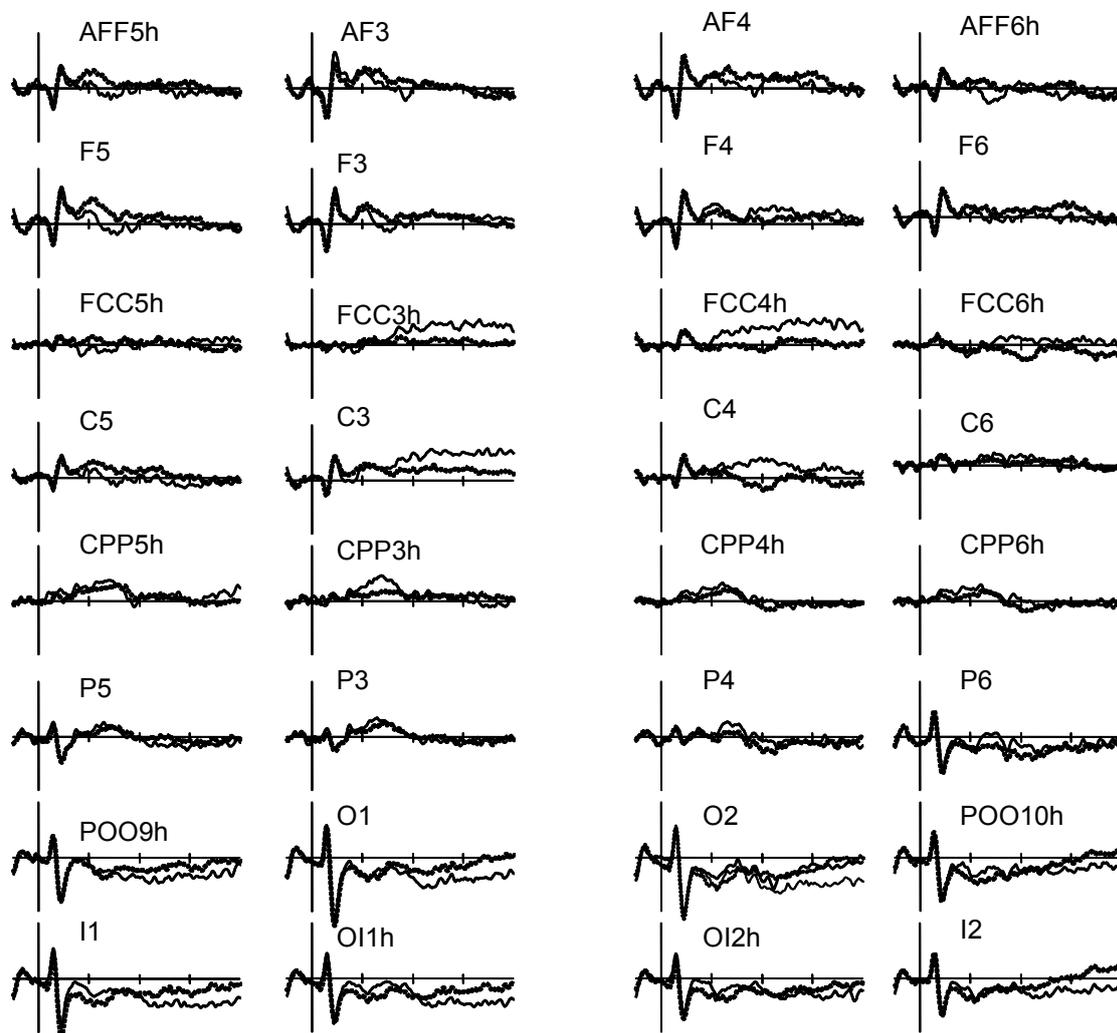


Figura 21. Potenciales relacionados a eventos de los adultos mayores durante la tarea visual



— Baja complejidad  
 - - - Alta complejidad

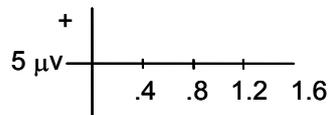


Figura 22. Potenciales relacionados a eventos de los adultos mayores durante la tarea verbal

## *Componente P100 (Componente Positivo entre los 50-150*

*mseg post-estímulo)*

El ANOVA mixto resultó significativo para la interacción de los factores: **Tarea**, **Posición** y **Grupo**  $F(3, 114) = 5.340, p = .002$ . Se llevaron a cabo ANOVAs subsidiarios con los factores **Tarea** y **Grupo** en cada una de las posiciones (frontal, central, parietal y occipital), la interacción **Tarea** y **Grupo** resultó significativa en la posición Parietal  $F(1, 38) = 6.244, p = .017$  y Occipital  $F(1, 38) = 7.011, p = .011$ . Los adultos jóvenes tuvieron una mayor amplitud positiva ( $0.35 \pm 0.11$ ) que los adultos mayores ( $0.03 \pm 0.11$ ) durante la memoria de trabajo visual en las derivaciones parietales  $F(1, 38) = 7.011, p = .011$  y occipitales  $F(1, 38) = 13.595, p = .001$  (adultos jóvenes:  $1.52 \pm 0.23$ ; adultos mayores:  $0.33 \pm 0.23$ ) (ver Tabla 6).

Tabla 6. Amplitud media en  $\mu\text{V}$  (error estándar) del Componente P100 para la memoria de trabajo visual y verbal en adultos jóvenes y adultos mayores.

	Adultos Jóvenes		Adultos Mayores	
	Visual	Verbal	Visual	Verbal
Frontal	-1.01 (0.12)	-0.55 (0.11)	-0.50 (0.12)	-0.36 (0.11)
Central	-0.63 (0.10)	-0.45 (0.10)	-0.01 (0.10)	-0.02 (0.10)
Parietal	0.35* (0.11)	0.12 (0.09)	0.04 (0.11)	0.14 (0.09)
Occipital	1.53* (0.23)	0.78 (0.17)	0.33 (0.23)	0.28 (0.17)

\* Muestra la diferencia entre los grupo en la tarea de memoria de trabajo visual y verbal.

*Componente N200 (Componente Negativo entre los 150-250 mseg post-estímulo)*

En el ANOVA mixto los factores tarea, complejidad o sus interacciones no resultaron significativos.

*Componente N300 (Componente Negativo entre los 250-350 mseg post-estímulo)*

En este ANOVA mixto resultaron significativas las interacciones de los factores **Tarea y Posición**  $F(3, 114) = 8.997, p = .001, \varepsilon = .601$  y **Complejidad y Posición**  $F(3, 114) = 10.620, p < .001, \varepsilon = .642$ . De acuerdo al análisis post hoc de Tukey, la amplitud registrada en las derivaciones occipitales durante la memoria de trabajo visual ( $-0.92 \pm 0.18$ ) fue más negativa que la amplitud registrada durante la memoria verbal ( $-0.34 \pm 0.19$ ). Asimismo, durante la tarea de mayor complejidad se registró una mayor amplitud negativa ( $-0.84 \pm 0.19$ ) que en la tarea de menor complejidad ( $-0.42 \pm 0.17$ ). En la tabla 7 se muestran los valores de la amplitud media registrada en este componente.

Tabla 7. Amplitud media en  $\mu\text{V}$  (error estándar) del Componente N300 para la memoria de trabajo visual y verbal y los dos niveles de complejidad en las cuatro posiciones.

	Memoria de trabajo		Complejidad	
	Visual	Verbal	Baja	Alta
Frontal	0.28 (0.11)	0.05 (0.17)	0.07 (0.14)	0.26 (0.12)
Central	0.24 (0.08)	-0.05 (0.07)	-0.01 (0.06)	0.20 (0.09)
Parietal	0.19 (0.10)	0.24 (0.11)	0.27 (0.10)	0.17 (0.09)
Occipital*	-0.92 (0.18)	-0.34 (0.19)	-0.42 (0.17)	-0.84 (0.19)

\* Diferencias significativas entre la tarea visual y la tarea verbal y entre ambas condiciones de complejidad.

*Componente P300 (Componente Positivo entre los 350-650 mseg post-estímulo)*

El ANOVA mixto resultó significativo para la interacción entre los factores **Complejidad y Hemisferio**  $F(1, 38) = 10.019, p = .003$ . De acuerdo al análisis post hoc de Tukey, durante la tarea de menor complejidad (0-atrás) se registró una mayor amplitud positiva ( $0.22 \pm 0.06$ ) que en la tarea de mayor

complejidad (2-atrás para los adultos mayores y 3-atrás para los adultos jóvenes) ( $0.05 \pm 0.06$ ) sólo en el hemisferio derecho (ver Tabla 8). Asimismo, en 0-atrás se registró una mayor amplitud positiva en el hemisferio derecho que en el hemisferio izquierdo ( $-0.15 \pm 0.05$ ).

Tabla 8. Amplitud media en  $\mu\text{V}$  (error estándar) del Componente P300 en ambos niveles de complejidad de ambos hemisferios.

	Complejidad	
	Baja	Alta
Hemisferio izquierdo	-0.15 (0.05)	-0.06 (0.05)
Hemisferio derecho*	0.22 (0.06)	0.05 (0.06)

\* Diferencias significativas entre los dos niveles de complejidad

### *Componente Negativo Tardío (Componente Negativo entre los 650-750 mseg post-estímulo)*

El ANOVA mixto resultó significativo para la interacción de los factores **Complejidad y Hemisferio**  $F(1, 38) = 18.605, p < .001$ . De acuerdo al análisis post hoc de Tukey, durante la tarea de menor complejidad se registró una mayor amplitud en ambos hemisferios (hemisferio izquierdo:  $-0.19 \pm 0.6$ ; hemisferio derecho:  $0.11 \pm 0.7$ ) en comparación con la tarea de mayor

complejidad (hemisferio izquierdo:  $0.03 \pm 0.06$ ; hemisferio derecho:  $-0.11 \pm 0.06$ ). Asimismo, en 0-atrás se observó una diferencia de amplitud entre los dos hemisferios (ver Tabla 9).

Tabla 9. Amplitud media en  $\mu\text{V}$  (error estándar) del Componente Negativo Tardío en ambos niveles de complejidad de ambos hemisferios.

	Complejidad	
	Baja	Alta
Hemisferio izquierdo	-0.19 (0.06)	0.03 (0.06)
Hemisferio derecho*	0.11 (0.07)	-0.11 (0.06)

\* Diferencias significativas entre los dos niveles de complejidad

*Componente Positivo Tardío (Componente Positivo entre los 750-1200 mseg post-estímulo)*

En este ANOVA los factores tarea, complejidad o sus interacciones no resultaron significativos.

**Resumen de los resultados de los PRE bajo la condición de desempeño equivalente entre los grupos.**

Los resultados fueron similares a los del primer análisis, por lo que sólo se describen las diferencias. Primero, en el componente P100 la diferencia de amplitud entre los grupos se presentó en las derivaciones parietales y occipitales durante la memoria de trabajo visual. Segundo, en el componente N200 se anularon las diferencias entre los grupos reportadas en el primer análisis. A partir del componente N300 los resultados fueron similares a los del primer análisis.

## **Discusión**

### **Porcentaje de Respuestas Correctas**

Los resultados de este estudio mostraron que los adultos mayores presentaron un mayor déficit para la memoria de trabajo visual en comparación con la memoria de trabajo verbal y esto fue independiente a la complejidad de la tarea. Asimismo, se observó que los adultos mayores presentaron una menor ejecución en la tarea de mayor complejidad (2-atrás) y en la memoria de trabajo visual en comparación con los adultos jóvenes. Estos resultados aportan evidencia a favor de que el deterioro asociado a la edad de la memoria de trabajo no es generalizado, es decir, los adultos mayores presentaron dificultades para manejar la información cuando ésta requirió altos niveles de procesamiento (2-atrás y memoria de trabajo visual), pero no cuando el procesamiento fue sencillo (0 y 1-atrás y en la memoria de trabajo verbal). Al parecer, la información visual demanda al sistema altos recursos que no pueden ser cubiertos eficientemente por parte de los adultos mayores, por otro lado, un alto nivel de complejidad exige recursos diferentes, como pueden ser un alto nivel de atención y manipular en el sistema de memoria varios procesos simultáneamente. Una de las principales hipótesis para explicar el deterioro cognitivo en los adultos mayores es la reducción de recursos (Morris, Gick, & Craik, 1988), la cual propone una disminución de la disponibilidad de los recursos cognoscitivos conforme a la edad de las personas.

De acuerdo a los resultados del presente estudio, la memoria de trabajo visual sufrió un mayor deterioro conforme avanza la edad de las personas en comparación con la memoria de trabajo verbal, lo cual ha sido señalado en estudios previos (Berardi et al., 1997; Leonards et al., 2002) donde emplearon rostros como estímulos visuales. Los rostros son estímulos sumamente ricos en características visuales que incluyen forma, tamaño y color, así como, la profundidad, que es una característica propia de la información espacial, por lo que los rostros demandan altos recursos en el sistema para su procesamiento, esto puede ser una razón que explique el porqué la diferencia observada en estudios previos (Berardi et al., 1997; Leonards et al., 2002) entre información visual y verbal tanto en adultos jóvenes como en adultos mayores. Por otro lado, en las figuras abstractas empleadas en el presente trabajo sólo se varió la forma de la figura y permanecieron constantes los demás rasgos de objeto (tamaño, textura y color) y no se incluyó ninguna de las características de la información espacial (movimiento, profundidad o dimensión), lo cual garantizó que sólo se evaluará la información visual en la memoria de trabajo. Por lo que los resultados del presente trabajo apoyan la propuesta de que la habilidad para manejar información visual en el sistema de memoria de trabajo sufre un claro deterioro con el envejecimiento normal.

La mayoría de los participantes de ambos grupos etiquetaron las figuras con nombres de objetos familiares como una estrategia para mantener las figuras en el sistema de memoria, esto se evaluó a través de un cuestionario que se les administró a los participantes al término de los registros electrofisiológicos. La nominación de las figuras pudo surgir como un modo de

organizar, estructurar y dar sentido a la información visual. Neisser (1967, citado por Schneider, 1999) propuso que la representación interna de un objeto está formada por dos etapas: 1) la codificación del estímulo visual con base en sus características físicas como rasgos, color, forma, etc., proceso que es llevado a cabo por la corteza visual primaria (DeYoe & van Essen, 1988; Livingstone & Hubel, 1988), y 2) el reconocimiento del objeto que involucra un procesamiento por parte de la corteza temporal-inferior, y si el objeto posee información espacial, el reconocimiento también es llevado a cabo en paralelo por la corteza parietal posterior (Ungerleider & Haxby, 1994). Humphreys, Price y Riddoch (1999) propusieron que la nominación de los objetos se basa en la identificación del objeto a partir de sus características físicas, seguida de una representación semántica del objeto, lo que resulta en una representación lingüística del objeto (Cocude, Mellet, & Denis, 1999). De acuerdo a estas teorías, los participantes del presente estudio llevaron a cabo procesos adicionales a los de la memoria de trabajo para mantener vigentes en el sistema de memoria las figuras abstractas. Al parecer, los participantes primero reconocieron la imagen y conjuntamente recordaron el nombre que le habían asignado, lo que también explicaría el por qué la tarea visual resultó ser más difícil que la tarea verbal. El empleo de etiquetas posiblemente redujo la capacidad de almacenamiento, ya que debe mantenerse simultáneamente la forma y el nombre asignado a la forma. Mientras que los estímulos verbales son codificados y mantenidos principalmente en la corteza frontal (área de Broca) de manera casi automática, por lo que sólo es necesario mantener en el sistema de memoria el nombre de la letra. Desafortunadamente, el uso de

etiquetas es una variable extraña difícil de controlar, y que ya se ha presentado previamente en estudios donde se emplean figuras abstractas como estímulos visuales (Nystrom et al., 2000; Salmon et al., 1996).

Entonces, al parecer el manejo de información visual representa una mayor dificultad que el manejo de información verbal. Logie (2003) propuso que las diferencias entre ambas versiones de la tarea pueden deberse a que la información visoespacial requiere de mayor esfuerzo para ser percibida e interpretada. Sin embargo, en el presente trabajo no se encontraron diferencias en el desempeño de los participantes entre las dos versiones de la tarea, en los niveles de baja complejidad (0-atrás y 1-atrás), lo que sugiere que en estos niveles de complejidad el manejo del material visual (figuras abstractas) es equivalente al del material verbal (letras), por lo que las diferencias entre ambos tipos de información no pueden ser exclusivamente atribuidas a procesos de mantenimiento, de hecho, los resultados indican que el proceso de mantenimiento de la información en la memoria de trabajo fue similar en ambos sistemas esclavos (verbal y visoespacial) cuando la información permaneció por un periodo corto de tiempo. En el presente estudio, el tiempo que la información debía permanecer dentro del sistema fue de 4.5 segundos; las diferencias significativas entre información verbal y visual se presentaron durante la tarea de mayor complejidad (2-atrás), lo que sugiere que el incremento del tiempo que se deben mantener los estímulos en la memoria (9 segundos) y el número adicional de procesos requeridos para manipular la información pueden ser la causa de las diferencias entre las tareas. A su vez, la familiaridad de la información (letras en lugar de figuras abstractas)

probablemente fue una variable que favoreció el mantenimiento y la manipulación de la información verbal. Por lo que la interacción encontrada entre los factores Tarea y Complejidad muestra una importante distinción entre ambos sistemas de memoria de trabajo, verbal y visual.

A su vez, Baddeley (1996) sugiere que el procesamiento de la información visoespacial en el sistema de memoria de trabajo requiere de una mayor intervención de procesos ejecutivos para ser manipulada en comparación con la información verbal. Esto último ayuda a entender por qué los adultos mayores tuvieron una mayor dificultad para manejar información visual, diversos estudios (Hirohito & Osaka, 2004; Tirapu-Urtároz, García-Molina, Luna-Lario, Roig-Rovina, & Pelegrín, 2008; Tirapu-Urtároz & Muñoz 2005) reportan un menor desempeño en los adultos mayores en tareas que demandan el empleo de procesos ejecutivos. Por lo que es importante señalar que la tarea de n-atrás requiere de diversos procesos ejecutivos como la secuenciación, el monitoreo y la inhibición, que son aditivos al siguiente nivel de complejidad (0, 1 y 2-atrás).

En la tarea de 2-atrás se requiere el empleo de procesos mnemónicos y ejecutivos para resolver con éxito la tarea, las personas deben mantener “en línea” (vigentes) los dos últimos estímulos e ir “borrando” o ignorados los estímulos temporalmente más lejanos, de estos dos estímulos vigentes sólo se usa el primero y el segundo debe ser inhibido pero no borrado porque en el siguiente ensayo será el estímulo a comparar. Dichos procesos se han

asociado a la activación de la corteza prefrontal dorsolateral (Bor, Duncan, Wiseman, & Owen, 2003), al parecer esta región se encarga del empleo de estrategias de reorganización y control de los contenidos de la memoria de trabajo. Bor et al. observaron un incremento de la activación en esta región del cerebro en una tarea de memoria de trabajo espacial cuando el material en la memoria que debía reorganizarse contenía un alto número de “*chunks*” en comparación con material no estructurado. La oportunidad de organizar el material en versiones familiares o en estructuras regulares puede incrementar la capacidad de la memoria de trabajo, a veces de modo substancial (Ericsson, Chase, & Fallon, 1980), lo cual es una función esencial en la memoria de trabajo, que se refleja en la tarea *n*-atrás. Resultados similares fueron encontrados en tareas verbales (Bor, Cumming, Scout, & Owen, 2004) cuando se comparó una secuencia de dígitos estructurados (2, 4, 6, 8, 9, 7, 5, 3) con una secuencia de dígitos no estructurados (4, 7, 2, 5, 9, 6, 1, 8). La secuencia estructurada fue más fácil de recordar y produjo una mayor activación en la corteza frontal lateral en comparación con la secuencia no estructurada, lo que demuestra que esta región participa activamente en procesos de organización de la información para incrementar la capacidad en la memoria de trabajo.

Salat et al. (2002) encontraron un efecto de la complejidad que no interactuó con la edad de las personas. En cambio, en el presente trabajo sí se encontró una interacción entre complejidad y edad. Aunque ambos grupos fueron sensibles a la complejidad de la tarea, los adultos mayores presentaron

una menor ejecución correcta que los adultos jóvenes en la tarea 2-atrás, lo que sugiere que con el envejecimiento ocurre una disminución en la habilidad para resolver exitosamente una tarea cuando se incrementa la complejidad. Lo anterior puede ser debido a una disminución tanto de la capacidad de almacenamiento como a un déficit en el procesamiento de la información, lo que implica una serie de acciones para manipular exitosamente la información.

Asimismo, las diferencias entre los grupos pueden deberse a la mayor demanda de recursos en la tarea 2-atrás; diversos autores han postulado (ver Boop & Vergaeghein, 2005) que con el envejecimiento se reducen los recursos cognitivos disponibles para el procesamiento. El envejecimiento afecta de modo importante el desempeño de los participantes en tareas de alta complejidad (Leonards et al. 2002; Missonnier et al., 2001), entonces es claro que la complejidad impone una fuerte demanda en el empleo de recursos cognitivos. En el presente estudio los resultados muestran que la demanda de recursos en los adultos mayores durante la tarea 2-atrás fue equivalente a la de la tarea 3-atrás en los adultos jóvenes, lo que implica que con el envejecimiento ocurre una pérdida en la disponibilidad o en el empleo de recursos para resolver tareas demandantes, pero aún se desconoce en qué momento de la vida empieza esta pérdida. Salat et al (2002) reportaron un desempeño a nivel de azar en la tarea 3-atrás en adultos sanos mayores de 45 años.

Un aspecto importante fue que no se encontró una interacción significativa entre los factores Grupo, Tarea y Complejidad, lo que indica que el dominio de la versión de la tarea (visoespacial) es independiente al efecto de la complejidad en los adultos mayores. La memoria de trabajo ha sido dividida en

dos almacenes (bucle fonológico y agenda visoespacial) y en capacidad de almacenamiento y procesamiento. La memoria de trabajo es por lo tanto, un sistema complejo cuyos sistemas llevan a cabo de manera independiente diversas tareas. La capacidad de almacenamiento de la información se asocia a los dos sistemas esclavos, mientras que el procesamiento es considerado como una función del ejecutivo central. Los resultados del presente estudio sugieren que con el envejecimiento ocurre una disminución en la capacidad de almacenamiento de información visoespacial y un déficit en el procesamiento de la información que no depende del tipo de material (verbal o visual).

La tarea *n*-atrás ha sido descrita como una tarea de memoria de trabajo, donde el principal proceso evaluado es la actualización de información. Proceso que es evaluado en los ensayos no blanco, mientras que en los ensayos blancos se evalúa principalmente la huella mnemónica a través de la igualación del estímulo actual con el presentado *n* veces atrás. Los participantes presentaron un menor desempeño ante los estímulos blanco en comparación con los no blanco en este estudio, esto puede deberse a la mayor probabilidad de ocurrencia de los estímulos no blanco en comparación con los estímulos blanco, resultado que ha sido previamente descrito (McEvoy et al., 1998; Watter et al., 2001). Sin embargo, en los tiempos de reacción no se observaron diferencias entre estos dos tipos de estímulos, lo que sugiere que ambos procesos se llevan a cabo en tiempos equivalentes.

## **Tiempos de Reacción**

Los adultos mayores requirieron de mayor tiempo para responder eficientemente a la tarea 2-atrás en comparación con el grupo de adultos jóvenes. Estos resultados son consistentes con los reportados en estudios previos (Leonards et al. 2002; McEvoy et al., 1998, Mc Evoy et al., 2001; Salat 2002). Lo que apoya la hipótesis de que con el envejecimiento se produce un enlentecimiento del procesamiento de la información (Salthouse, 1996).

Los tiempos de reacción fueron mayores conforme se incrementó la complejidad de la tarea, lo que indica que entre mayor sea el nivel de procesamiento de la información mayor cantidad de tiempo se requiere. Estos resultados han sido reportados previamente (Leonards, et al. 2002; McEvoy, et al., 1998, Mc Evoy et al., 2001; Salat, 2002).

Las diferencias en el tiempo para responder entre la memoria de trabajo visual y verbal sugiere que el procesamiento de la información verbal es más rápido y puede deberse a la familiaridad del material por lo que puede llevarse a cabo de modo casi automático, mientras que la información visual demanda mayor tiempo para su procesamiento lo que sugiere una dificultad para trabajar con información visual. Dichos resultados han sido descritos previamente (Nystrom et al., 2000)

Los mayores tiempos de reacción en las respuestas incorrectas durante la tarea 2-atrás sugieren un mayor consumo de tiempo durante los procesos de toma de decisión. La falta de certeza en la respuesta incrementó los tiempos de reacción. En cambio, los menores tiempos de reacción en las respuestas

incorrectas durante las tareas 0-atrás y 1-atrás sugieren una conducta impulsiva o poco precavida al responder.

### **Potenciales Relacionados a Eventos**

Los tiempos de reacción son una medida indirecta del tiempo requerido para procesar la información hasta el momento de la respuesta motora. En cambio, los PRE permiten evaluar de modo preciso la temporalidad del procesamiento de la información. La memoria de trabajo se distingue de otros tipos de memoria por considerarse una memoria rápida. Los resultados del presente trabajo muestran que las diferencias en el procesamiento de la información entre los grupos se ubicaron en las primeras ventana de medición. Lo que podría implicar que en el momento en que se percibe el estímulo ocurren de modo simultáneo procesos de integración y clasificación del mismo. Estudios con adultos jóvenes (Gevins et al., 1997; McEvoy et al., 1998) han reportado en ventanas de entre 100-300 msec post-estímulo que el proceso de actualización de la información ocurre dentro de estos intervalos de tiempo, por lo cual es lógico ubicar las diferencias entre grupos dentro de estos intervalos.

La amplitud media evaluada en este trabajo varió en función de la edad de las personas. En los adultos mayores se registró una menor amplitud en comparación con el grupo de adultos jóvenes en el componente P100 durante la tarea visual en las derivaciones parietales. Resultados similares han sido observados en estudios previos (Golob & Starr, 2000; McEvoy et al., 2001; Missonnier et al., 2004), y han sido interpretados como un déficit en la activación que experimentan los adultos mayores, específicamente en los

componentes que se registran en derivaciones centrales y parietales. La actividad neurofisiológica registrada en derivaciones parietales se ha asociado a procesos indispensables para ejecutar tareas de memoria de trabajo, debido a que esta área no se activa en tarea de memoria de largo plazo (Cabeza et al., 1997).

En estudios de neuroimagen, la corteza parietal posterior ha sido asociada a un circuito encargado de enfocar la atención durante el almacenamiento y la búsqueda de información, ya sea verbal (Jonides et al., 1998) o espacial (Smith & Jonides, 1998). Lo anterior indica la relevancia de la participación de regiones parietales durante el procesamiento de información en la memoria de trabajo. Posiblemente, con la edad ocurren cambios importantes en las regiones que participan en los generadores de la respuesta electrofisiológica que son registradas en derivaciones parietales, Lo anterior puede explicar en parte, porqué los adultos mayores presentan un menor desempeño que los adultos jóvenes en la memoria de trabajo visual. Similares hallazgos se han observado en tareas de memoria de trabajo verbal (Missonnier et al., 2004) y espacial (McEvoy et al., 2001) en adultos mayores.

Los resultados del presente estudio son similares a los hallazgos reportados en otro estudio en donde se empleó la misma técnica (Missonnier et al., 2004). En este estudio se observó una menor amplitud en las derivaciones parietales en el grupo de adultos mayores en comparación con los adultos jóvenes, lo que implica una menor participación o sincronía de las neuronas que contribuyen a la actividad registrada en derivaciones parietales. Estudios de neuroimagen reportaron un decremento asociado a la edad en la activación

de la corteza parietal durante la recuperación exitosa en tareas de memoria de trabajo verbal, visual y espacial; así como, una activación en paralelo de la corteza frontal anterior, cíngulo y corteza temporal (Cabeza et al., 2002, Cabeza & Nyberg, 2000; Della- Maggiore et al., 2000; Grossman et al., 2002; McEvoy et al., 2002; Milham et al. 2002). Estos cambios pueden reflejar el esfuerzo del cerebro para evitar el déficit neurocognitivo o una dificultad asociada a la edad para incorporar los mecanismos neuronales especializados. Lo anterior ha sido indagado en un estudio de neuroimagen (Cabeza et al., 2002) en el que se observó que un alto desempeño y no uno bajo fue asociado a procesos compensatorios en áreas parietales en conjunto con la activación de áreas prefrontales y límbicas.

Resulta interesante saber que en los adultos mayores se encuentra alterado la identificación e interpretación del estímulo desde que éste ingresa al sistema y esto es congruente con estudios previos (Golob & Starr, 2000) donde se han observado diferencias entre los grupos en el componente P100, que es considerado como un indicador sensible a los procesos de discriminación de las características físicas de los estímulos (Golob & Starr, 2000).

Ravizza et al. (2004) reportaron que la corteza parietal inferior dorsal puede dar soporte a procesos ejecutivos independientes del dominio (verbal y visoespacial), mientras que la corteza parietal inferior ventral izquierda puede estar asociada al soporte del bucle fonológico en procesos de codificación y recuperación que son indispensables para una gran variedad de tareas de lenguaje. En el presente estudio no se encontraron diferencias entre los grupos en la tarea verbal ni en las derivaciones colocadas en la región parietal

izquierda, lo que sugiere que la memoria de trabajo verbal se encuentra más preservada en los adultos mayores.

Por otro lado, los datos conductuales mostraron una menor ejecución en la tarea visual que en la verbal en el grupo de adultos mayores, y en los correlatos neurofisiológicos de la memoria de trabajo se observó una variación de la amplitud en el componente N200 entre la memoria de trabajo verbal y la memoria de trabajo visual solamente en el grupo de adultos jóvenes, lo que sugiere que los dos grupos de edad procesan la información de modo diferente, debido a que en los adultos mayores no se observó dicha variación, lo que podría estar asociado al bajo desempeño que presentaron los adultos mayores en la memoria de trabajo verbal de alta complejidad en comparación con la memoria de trabajo verbal de baja complejidad.

La amplitud del componente N300 varió en función del tipo de información. Durante la memoria de trabajo visual se registró una mayor amplitud negativa que en la memoria de trabajo verbal en las derivaciones occipitales, lo que sugiere el empleo de recursos visuales para procesar la información, si se considera que los estímulos fueron presentados visualmente.

Los procesos de mantenimiento de los estímulos en el almacén de memoria fueron asociados a los primeros tres componentes en el presente trabajo. Los estudios de neuroimagen han proporcionado evidencia sobre la existencia de diferentes estructuras involucradas en la memoria de trabajo verbal y visoespacial. El manejo de la información verbal, que requiere poco esfuerzo, produce una mayor activación en el hemisferio izquierdo que

derecho, pero conforme la complejidad de esta tarea aumenta, dicha activación lateralizada desaparece (Jennings et al., 2006; Reuter-Lorenz et al., 2000; Salmon et al., 1996; Smith et al., 1996; Wager & Smith, 2003). Por su parte, la información visoespacial genera una actividad lateralizada en el hemisferio derecho (Jennings, van der Veen, & Meltzer, 2006; Reuter-Lorenz et al., 2000; Salmon et al., 1996; Smith et al., 1996; Wager & Smith, 2003). Wager y Smith (2003) identificaron áreas cerebrales asociadas al almacenamiento y a la manipulación de ambos tipos de memoria de trabajo. De acuerdo con estos autores, el mantenimiento de la información verbal muestra mayor activación en las áreas de Brodman (AB) 44, 45, 46 y 6 en el hemisferio izquierdo. Mientras que el mantenimiento de los rasgos de los objetos se asoció a una mayor activación en el AB 37 y el mantenimiento de información espacial se asoció a una activación en el AB 7, ambas lateralizadas hacia el hemisferio derecho. Por su parte, la manipulación, actualización y control de la información en la tarea de 2-atrás se han asociado a una activación en AB 6 y 47 en el hemisferio derecho. Estos hallazgos son similares a los observados en el presente estudio con la técnica de PRE.

Las diferencias en la variación de la amplitud media del componente N200 entre los grupos dan la pauta para considerar que en este intervalo de tiempo (150-250 msec. post-estímulo) y en el siguiente (250-350 msec post-estímulo) ocurren en paralelo los procesos que lidian con el tipo de información (visual y verbal) y con la complejidad de la tarea (0, 1 y 2-atrás). Al parecer, la identificación del estímulo (verbal o visual) comienza desde la primera ventana (50-150 msec post-estímulo) o quizás desde antes y termina, de acuerdo a los

resultados del presente trabajo, alrededor de los 350 mseg post-estímulo. En cambio, el análisis de la complejidad de la tarea comienza a partir de los 150 mseg post-estímulo y se extiende hasta el final de la época, que en el presente trabajo fue hasta los 1600 mseg post-estímulo, lo cual indica que la complejidad de la tarea demanda procesos constantes en el sistema de memoria de trabajo, lo cual implica temporalidades largas.

Mientras que la complejidad de la tarea implica procesos diferentes a los de la identificación del estímulo y que son iniciados posteriormente en el sistema de memoria de trabajo, seguramente llevados a cabo por el sistema ejecutivo central (García-Molina , Tirapu-Urtároz, Luna-Lario, Ibáñez, & Duque, 2010) se encuentran alterados por el envejecimiento, debido a que en los adultos mayores se registraron diferencias de amplitud con respecto a los adultos jóvenes durante la tarea de mayor complejidad visual en el componente N200. Lo anterior, ayuda a entender el porqué los adultos mayores se desempeñan más pobremente en tareas de alta complejidad, lo cual ya había sido descrito previamente (Missonier et al., 2004; McEvoy et al., 2001).

A su vez, las diferencias encontradas en la amplitud durante la tarea de mayor complejidad sugieren que los adultos mayores tienen un mayor déficit en procesos ejecutivos, independientemente del tipo de información. El manejo de información visoespacial parece depender de áreas similares a las destinadas a los procesos ejecutivos. Estudios con pacientes cuya lesión se ubica en la corteza parietal inferior derecha muestran un déficit selectivo en el procesamiento de información espacial y de memoria espacial, lo que indica que esta región puede desempeñar una importante función durante la

búsqueda de información visoespacial (Smith & Jonides, 1999). Asimismo, se ha sugerido que la corteza parietal inferior puede ser indispensable para el mantenimiento de información (verbal, visual y espacial), para enfocar la atención de modo rápido, para activar fuentes de información en regiones neuronales o para prepararse para la siguiente tarea (Ravizza, Delgado, Chein, Becker, & Fiez, 2004), bajo estos supuestos, es claro que esta región es indispensable para llevar a cabo tareas como la de *n*-atrás (Owen, McMillan, Laird, & Bullmore, 2005).

El componente N300 ha sido registrado en regiones occipitales durante tareas de memoria que demandan una intención futura (West, 2001). Específicamente en este trabajo la intención puede ser recordar tanto la identidad del estímulo (verbal o visual) como su orden de presentación en función de la complejidad de la tarea. Este componente varió entre ambas versiones de la memoria de trabajo, visual y verbal, y entre 0-atrás y 2-atrás. Lo que sugiere que en este periodo de tiempo ocurre un análisis detallado de la información que es desglosado en tipo y complejidad.

El componente P300 ha sido asociado a procesos de interpretación del estímulo. Se ha reportado una disminución de la amplitud de este componente conforme aumenta la carga de trabajo (Watter et al., 2002; West, 2001), este resultado también fue hallado en el presente estudio. Se registró una mayor amplitud positiva en la tarea de 0-atrás que en la tarea de 2-atrás en el hemisferio derecho. Lo anterior puede deberse a que la interpretación del estímulo puede llevarse a cabo en función de sus características. En el presente estudio se emplearon estímulos visuales, lo cual probablemente

explica la razón por la que se observó una mayor amplitud en derivaciones del hemisferio derecho.

Los resultados del presente trabajo también permitieron observar distinciones en el procesamiento de la información en función de la carga de trabajo. La mayor amplitud del componente P300 en la tarea 0-atrás en los electrodos colocados en derivaciones del hemisferio derecho en comparación con la amplitud registrada en el hemisferio izquierdo podría indicar que los participantes emplearon más recursos visuales para responder a la tarea en 0-atrás; mientras que en 2-atrás no se observaron diferencias hemisféricas lo que podría implicar que esta tarea demanda un mayor procesamiento de la información y que requiere de diversas regiones para solucionar la tarea.

Durante la tarea de 0-atrás en este estudio, en la que los participantes debían mantener únicamente un solo estímulo visual en la memoria, se observó una mayor amplitud desde los 250 mseg post-estímulos en derivaciones del hemisferio derecho, lo que podría implicar que los participantes mantuvieron la información mediante el empleo de recursos de atención, ya que se ha demostrado (Mesulam, 2000) la participación de esta región en tareas de atención sostenida.

Un hallazgo interesante del presente trabajo es que la diferencia de amplitud entre las tareas de diferente complejidad se mantuvo hasta el final de la época analizada (1600 mseg). Estos datos no habían sido reportados previamente debido a que en los estudios previos sólo se analiza un época hasta los 500 mseg postestímulo (Gevins et al., 1997; McEvoy et al., 1998;

McEvoy et al., 2001; Watter et al., 2002; West, 2001). Los resultados sugieren que la complejidad de la tarea demanda procesos duraderos para el análisis de la información dentro del sistema de memoria de trabajo. El hecho de que dicha diferencia se lateralice hacia el hemisferio derecho sugiere la intervención de procesos ejecutivos para analizar la complejidad de la tarea. Lo anterior puede ser apoyado por los estudios de neuroimagen que han observado una actividad lateralizada hacia el hemisferio derecho cuando se analiza la complejidad en tareas que demandan la intervención de procesos ejecutivos (Jennings, van der Veen, & Meltzer, 2006; Reuter-Lorenz et al., 2000).

### **Potenciales Relacionados a Eventos en Condiciones de Desempeño Equivalente entre los Grupos**

El análisis en el que se comparó la actividad electrofisiológica en condiciones de desempeño equivalente entre los grupos, no se encontraron diferencias entre los grupos de edad en la amplitud debido a la complejidad, lo cual implica que una importante variación de los PRE estuvo sujeta al esfuerzo extra que debieron hacer los adultos mayores para resolver la tarea. De acuerdo a los datos del presente estudio, el esfuerzo extra en los adultos mayores en la tarea 2-atrás fue equivalente al esfuerzo que debieron llevar a cabo los adultos jóvenes en una tarea de mayor complejidad (3-atrás). Lo anterior sugiere que con el envejecimiento se afectan los mecanismos responsables de atender a la dificultad de la tarea, pero el envejecimiento por sí mismo no es el responsable directo de las diferencias observadas entre los grupos de edad, sino que la demanda requerida para abordar la complejidad de

la tarea es una variable relevante para entender los efectos de la complejidad sobre el envejecimiento normal.

Por otro lado, las diferencias entre los grupos en la capacidad para manejar información visual siguieron siendo significativas, lo que indica que los adultos mayores presentan un claro déficit para manejar este tipo de información, independientemente de la complejidad de la tarea. Por lo que los resultados del presente trabajo demuestran que la carga de trabajo es una variable independiente de la versión de la tarea (verbal o visual).

### **Consideraciones Finales**

La ausencia de diferencias entre los sexos en la memoria de trabajo ha sido reportado previamente en este tipo de tareas (Duff & Hampson, 2001; Herliz et al., 1997; Robert & Savoie, 2006), pero sí se encuentran diferencias entre hombres y mujeres en tareas de memoria episódica (Herliz et al., 1997), lo cual sugiere que las diferencias entre los sexos pueden estar mediadas por los procesos que se involucran en la tarea a evaluar.

Las diferencias encontradas entre los grupos de edad en la prueba de ansiedad de Beck no podrían explicar las diferencias entre grupos, si bien cierto nivel de ansiedad es requerido para un desempeño adecuado. La ansiedad es definida por Weinberg y Gould (1995) como un estado emocional negativo que incluye sensaciones de nerviosismo, preocupación y aprensión, relacionadas con la activación fisiológica o el arousal del organismo y es

dividida en dos dimensiones ansiedad-rasgo y ansiedad-estado. La ansiedad-rasgo es la parte de la personalidad del individuo más o menos estable que se caracteriza por una predisposición para percibir ciertos estímulos del medioambiente como amenazantes o no, y a responder a estos con un aumento o no de la ansiedad-estado (Spilberger, 1966).

La ansiedad-estado es entendida como el estado emocional inmediato ante una situación concreta, siendo el componente de la ansiedad que presenta una mayor variabilidad en cada momento vivido. Se caracteriza por un sentimiento subjetivo, conscientemente percibido de aprehensión y tensión, asociado a la activación del sistema nervioso autónomo que genera reacciones psicofisiológicas como taquicardia, “frío en el estómago y malestar en la espalda” (Spilberger, 1966; Weinberg & Gould, 1995; Wrisberg, 1994).

Según Weinberg y Gould (1995) existe una relación directa entre la ansiedad-rasgo y la ansiedad-estado. Esto significa que, cuando una es mayor, la otra responde aumentando. En teoría, los individuos con mayores índices de ansiedad-rasgo tenderán a responder con una ansiedad-estado mayor, aunque esto es aún una cuestión discutible, ya que estos mismos investigadores indican que dicha relación no es perfecta. Por ejemplo, un individuo con un rasgo de ansiedad alto puede aprender a desarrollar técnicas que reduzcan el nivel de ansiedad-estado cuando sea necesario, evitando así un desequilibrio del organismo. Cuando ocurre dicho desequilibrio en el nivel de ansiedad-estado del individuo, el organismo humano responde con reacciones cognitivas y somáticas, es decir, con reacciones psicofisiológicas de la ansiedad.

Durante la tarea n-atrás los niveles de ansiedad, registrados de manera indirecta a través de la respuesta galvánica de la piel, no variaron en función de la complejidad de la tarea en adultos jóvenes (Cadena, 2004) ni en adultos mayores (Osorio, 2005). Lo anterior podría indicar que la mayor ansiedad reportada por los participantes jóvenes del presente estudio, en comparación con los adultos mayores, difícilmente pudo haber influido en el beneficio para obtener un desempeño superior en las tareas de memoria de trabajo.

Por otro lado, en el estudio de Calvo y Jiménez (1994) se reportó que individuos con altos niveles de ansiedad tuvieron un menor desempeño en tareas de memoria de trabajo verbal tanto en condiciones de bajo y alto estrés en comparación con los participantes que reportaban tener niveles bajos de ansiedad. Lo anterior sugiere que la ansiedad puede jugar un rol importante en el desempeño de la memoria de trabajo, sin embargo, con los resultados del presente trabajo es imposible determinar el efecto de la ansiedad sobre el desempeño en la memoria de trabajo por lo que se requieren de estudios posteriores que indaguen la relación entre ansiedad y memoria de trabajo en adultos mayores.

## **Conclusión**

La memoria de trabajo sufre un déficit asociado a la edad cuando procesa información visual y en situaciones de alta demanda cuando se incrementa la complejidad de la tarea. Estos déficit se asociaron a una disminución de la amplitud de los componentes de los PRE registrados en derivaciones parietales, regiones que se han asociado a procesos encargados de responder a la complejidad de la tarea de memoria y a la información predominantemente de tipo visoespacial. Los resultados del presente trabajo por lo tanto, aportan evidencia a favor del declive asociado a la edad en la memoria de trabajo visual y de la disminución del empleo de procesos ejecutivos que participan en la memoria de trabajo, independiente del tipo de información, verbal o visual.

## **Sugerencias y limitaciones**

El presente trabajo investigó las diferencias conductuales y electrofisiológicas entre las tareas de memoria de trabajo verbal y visual mediante el uso de letras y figuras abstractas, respectivamente. El empleo de figuras abstractas impidió la evaluación pura del componente visual debido a que los participantes tendieron a nombrarlas y a asociarlas con objetos conocidos, por lo que se sugiere el uso de otro tipo de estímulos que no permitan una codificación verbal.

Asimismo, en el presente estudio se analizó a la memoria de trabajo visual de los rasgos del objeto y no a la memoria espacial. Por lo que se sugiere realizar estudios con adultos mayores en los que se investigue a la memoria de trabajo espacial y sus diferencias con la memoria de trabajo verbal.

Las futuras investigaciones podrían estar encaminadas a explorar al cuarto componente de la memoria de trabajo del modelo de Baddeley, el búfer episódico. Lo que permitiría conocer el paso de la información de los sistemas esclavos a un sistema de mantenimiento de mayor duración, y como este proceso se modifica con la edad.

## Referencias

- Ashcraft, M. (2001). **Cognition**. New Jersey: Prentice Hall, p.p.9-12.
- Baddeley, A. (1986). Working Memory. Oxford, UK. Clarendon Press.
- Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, 255: 556-559.
- Baddeley, A. (1996). The fractionation of working memory. ***Proceeding of the National Academic of Science of the United States America***, 93: 13468-13472.
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? ***Trends in Cognitive of Neurociences***, 4: 417-423.
- Baddeley, A., & Hitch, A. (1974). Working memory. Brower, G. (Ed.). *The Psychology of learning and Motivation*. New York: Academic Press, p.p. 47-89.
- Baddeley, A., Thomson, N. & Buchanan, M. (1975). Word length and the structure of short-term memory. ***Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour***, 14: 575-589.
- Beck, A., Epstein, N., Brown, G. & Steer, R. (1988). An inventory for measuring clinical anxiety: Psychometric properties. ***Journal of Consulting and Clinical Psychology***, 56: 893-897.
- Beck, A., Ward, C., Mendelson, M., Mock, J., & Erbaugh, J. (1961) A inventory for measuring depression. ***Archives of General Psychiatry***, 4: 561.
- Bennett, P., Sekuler, A., McIntosh, A., & Della-Maggiore, V. (2001). The effects of aging of visual memory: evidence for functional reorganization of cortical networks. ***Acta Psychologica***, 107: 249-273.
- Berardi, A., Haxby, J., & De Carli, C. (1997). Face and Word memory differences are related to patterns of right and left lateral ventricle size in healthy aging. ***Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences & Social Sciences***, 52B: P54-P61.
- Bor , D., Cumming, N., Scott, C.E., & Owen, A.M. (2004). Prefrontal cortical involvement in verbal encoding strategies. ***The European Journal of Neuroscience***, 19:3365-3370.
- Bor, D., Duncan, J., Wiseman, R.J., & Owen, A.M. (2003). Encoding strategies dissociate prefrontal activity from working memory demand. ***Neuron***, 7: 361-367.

Brandimonte, M., Ferrante, D. & Delbello, R. (2001). Event-based prospective memory is insensitive to short-term memory load; some observation on automaticity and monitoring in prospective memory. *International Journal of Cognitive Technology*, 6: 33-40.

Burke, D. (1997). Language, aging, and inhibitory deficits: Evaluation of a theory. *Journal of Gerontology. Psychological Science*, 52B: 254-264.

Cabeza, R., & Nyberg, L. (2000). Imaging Cognition II: an empirical review of 275 PET and fMRI studies. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12: 1-47.

Cabeza, R., Anderson, N., Locantore, J. & McIntosh, A. (2002). Aging gracefully: compensatory brain activity in high performing older adults. *NeuroImage*, 17: 1394-1402.

Cabeza, R., Grady, C., Nyberg, L., McIntosh, A., Tulving, E., Kapur, S., Jennings, J., Houle, S. & Craik, F. (1997). Age-related differences in neural activity during memory encoding and retrieval: a positron emission tomography study. *Journal of Neuroscience*, 17: 391-400.

Cadena, Y. (2005). Efectos del nivel de complejidad de una tarea de memoria de trabajo en la respuesta galvánica de la piel. Tesis de licenciatura inédita, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Psicología, México, D.F.

Callicott J., Mattay V., Bertolino A., Finn K., Coppola R., Frank J., Goldberg T., & Weinberger D. (1999). Physiological characteristics of capacity constraints in working memory as revealed by functional MRI. *Cerebral Cortex*, 9: 20-26.

Calvo, M., & Jiménez, A. (1994). Déficit básico versus reducción temporal en la memoria operativa en función de la ansiedad y el estrés. *Estudios de Psicología*, 51: 71-79.

Cansino, S. (1997). Cronopsicofisiología. *Revista Mexicana de Análisis de la Conducta*, 23: 193-214.

Cansino, S., Ruiz, A., & López-Alonso, V. (1999). What does the brain do while playing scrabble?: ERPs associated with a short-long-term memory task. *International Journal of Psychophysiology*, 31: 261-274.

Carlson, S., Martinkauppi, S., Rämä, P., Salli, E., Korvenoja, A. & Aronen, H. (1998). Distribution of cortical activation during visuospatial n-back tasks as revealed by functional magnetic resonance imaging. *Cerebral Cortex*, 8: 743-752.

Carroll, J. (1993). Human cognitive abilities: A survey of factor- analytic studies. New York: Cambridge University Press. Champaign, IL: Human Kinetics.

Chao, L. & Knight, R. (1997). Age-related prefrontal alterations during auditory memory. ***Neurobiology of Aging***, 18: 87-95.

Chen, J., Hale, S. & Myerson, J. (2003). Effects of domain, retention interval, and information load on young and older adult's visuospatial working memory. ***Aging Neuropsychology and Cognition***, 10: 122-133.

Chen, Y., Mitra, S., & Schlaghecken, F. (2008). Sub-processes of working memory in the N-back task: an investigation using ERPs. ***Clinical Neurophysiology***, 119: 1546-1559.

Chincotta, D., Underwood, G., Ghani, K., Papadopoulou, E. & Wresinski, M. (1999). Memory span for Arabic numerals and digit words: Evidence for a limited-capacity visuo-spatial storage system. ***The Quarterly Journal of Experimental Psychology***, 52A: 325-351.

Cocude, M., Mellet, E., & Denis, M. (1999). Visual and mental exploration of visuo-spatial configurations: behavioral and neuroimaging approaches. ***Psychological and Research***, 62: 93-106.

Coles, M. & Rugg, M. (1995). Event-related brain potentials: an introduction. En Rugg, M. & Coles, M. (eds.). *Electrophysiology of Mind: Event related potentials and cognition*. Nueva York: Oxford University Press, p.p.1-26.

Corbetta, M., & Shulman, G. (2002). Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. ***Nature Reviews. Neuroscience***, 3: 201-215.

Crasey, H. & Rapoport, S. (1985). The aging human brain. ***Annals of Neurology***, 17: 2-10.

Crites, S., Delgado, P., Devine, J. & Lozano, D. (2000). Immediate and delayed stimulus repetitions evoke different ERPs in a serial-probe recognition task. ***Psychophysiology***, 37: 850-858.

D'Arcy, R., Service, E., Connolly, C. y Hawco, C. (2005). The influence of increased working memory load on semantic neural systems: a high-resolution event-related brain potential study. ***Cognitive Brain Research***, 22: 177-191.

Daigneault, S., & Braun, C. (1993). Working memory and the Self-Ordered Pointing Task: further evidence of early prefrontal decline in normal aging. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 15: 881-895.

De Jager, C., Milwain, E. & Budge, M. (2002). Early detection of isolated memory deficits in the elderly : the need for more sensitive neuropsychological test. *Psychological Medicine*, 32: 483-491.

Della-Maggiore, V., Sekuler, A.B., Grady, C.L., Bennett, P.J., Sekuler, R., & McIntosh, A.R. (2000). Corticolimbic interactions associated with performance on a short-term memory task are modified by age. *Journal of Neuroscience*, 15: 8410-8416.

Deveney, C. & Deldin, P. (2004). Memory of Faces: A Slow Wave ERP Study of Major Depression. *Emotion*, 4: 295-304.

Diamond, B., DeLuca, J., Rosenthal, D., Vlad, R., Davis, K., Lucas, G., Noskin, O. & Richards, J. (2000). Information processing in older versus younger adults: accuracy versus speed. *International Journal of Rehabilitation and Health*, 5: 55-64.

Diener, H., & Zimmermann, C. (1985). Visual evoked potentials: methodologic problems--variations of stimulus parameters. *Elektroenzephalogr Elektromyogr*, 16: 155-157.

Dobbs, A. & Rule, B. (1989). Adult age differences in working memory. *Psychology and Aging*, 4: 500-503.

Duff, S.J., & Hampson, E. (2001). A sex difference on a novel spatial working memory task in humans. *Brain and Cognition*, 47: 470-493.

Dutke, S. & Störber, J. (2001). Test anxiety, working memory, and cognitive performance: Supportive effects of sequential demands. *Cognitive and Emotion*, 15: 381-389.

Elliman, N., Green, M., Rogers, P. & Finch, G. (1997). Processing-efficiency theory and working memory system: Impairments associated with sub-clinical anxiety. *Personality of Individual Differences*, 23: 31-35.

Engle, R. Tuholski, S. Laughlin, L. & Conway, A. (1999). Working memory, short-term memory, and general fluid intelligence: A latent-variable approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, 128: 309-331.

Erber, J. & Szuchman, L. (1997). Forgetful but forgiven: how age life style affect perceptions of memory failure. *Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences & Social Sciences*, 52B: 303-07.

Eysenck, M., Payne, S. & Derakshan, N. (2005). Trait anxiety, visuospatial processing, and working memory. *Cognition and Emotion*, 19: 1214-1228.

Fabiani, M. & Friedman, D. (1995). Changes in brain activity patterns in aging: the novelty oddball. *Psychophysiology*, 32: 579-594.

Fisk, J. & Warr, P. (1996). Age and working memory: the role of perceptual speed, the central executive, and phonological loop. *Psychology and Aging*, 11: 316-323.

Folstein, M., Folstein, S. & McHung, P. (1975). "Mini Mental State" a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal Psychiatry Research*, 12: 189-198.

Foos, P. (1989). Adult age differences in working memory. *Psychology and Aging*, 4: 269-275.

Freudenthal, D. (2001). Age differences in the performance of information retrieval tasks. *Behaviour and Information Technology*, 20: 9-22.

Friedman, D. (2003). Cognition and aging: a highly selective overview of event-related potential (ERP) data. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 25: 702-720.

García-Molina, A., & Tirapu-Urtároz, J., Luna-Lario, P., Ibáñez, J., & Duque, P. (2010). ¿Son lo mismo inteligencia y funciones ejecutivas? *Revista de Neurología*, 50: 738-746.

Gazzaley, A., Cooney, J., Rissman, J. & D'Esposito, M. (2005). Top-down suppression deficit underlies working memory in normal aging. *Nature Neuroscience*, 8: 1298-1300.

Gerard, G. & Weisberg, L. (1986). MRI periventricular lesion in adults. *Neurology*, 36: 299-397.

Gevins A., & Cutillo, B., (1993). Spatiotemporal dynamics of component processes in human working memory. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 87: 128-43.

Gevins A., Smith M., McEvoy L., & Yu D. (1997) High-resolution EEG mapping of cortical activation related to working memory: effects of task difficulty, type of processing, and practice. *Cerebral Cortex*, 7: 374-385.

Golob, E. & Starr, A. (2000). Age-related qualitative difference in auditory cortical responses during short-term memory. *Clinical Neurophysiology*, 111: 2234-2244.

Goodin, D., Squires, K., Henderson, B. & Starr, A. (1978). Age-related variations in evoked potentials to auditory stimuli in normal human subjects. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 44: 447-458.

Grady, C. (1998). Brain imaging and age-related changes in cognition. *Experimental of Gerontology*, 33: 661-673.

Grady, C., & Craik, F. (2000). Changes in memory processing with age. *Current Opinion in Neurobiology*, 10: 224-231.

Grady, C., Maisog, J., Horwitz, B., Ungerleider, L., Mentis, M., Salerno, J., Pietrini, P., Wagner, E., & Haxby, J. (1994). Age-related changes in cortical blood flow activation during visual processing of faces and location. *Journal of Neuroscience*, 14: 1450-1462.

Grady, C., McIntosh, A., Bookstein, F., Horwitz, B., Rapoport, S. & Haxby, J. (1998). Age-related changes in regional cerebral blood flow during working memory for faces. *NeuroImage*, 8: 400-425.

Grossman, M., Cooke, A., DeVita, C., Alsop, D., Detre, J., Chen, W., & Gee, J. (2002). Age-related changes in working memory during sentence comprehension: an fMRI study. *NeuroImage*, 15: 302-317.

Hasher, L. & Zacks, R. (1988). Working memory, comprehension, and aging: A review and new view. Bower, G. (Ed.). *The psychology of learning and motivation*, New York: Academic Press, p.p. 193-225.

Hegarty, M., Shah, P. & Miyake, A. (2000). Constraints on using the dual-task methodology to specify the degree of central executive involvement in cognitive tasks. *Memory and Cognition*, 28: 376-385.

Herlitz, A., Small, B.J., Fratiglioni, L., Almkvist, O., Viitanen, M., & Bäckman, L. (1997). Detection of mild dementia in community surveys. Is it possible to increase the accuracy of our diagnostic instruments? *Archives of Neurology*, 54: 319-324.

Hill, R., Wahlin, A., Winblad, B. & Bäckman, L. (1995). The role of demographic and life style variables in utilizing cognitive support for episodic remembering among very old adults. ***Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences & Social Sciences***, 50B: 219-227.

Hillyard, S. (1985). Electrophysiology of human selective attention. ***Trends in Neurosciences***. 8: 400-405.

Hirohito, K., Osaka, N., & Osaka, M. (2004). Cooperation of the anterior cingulate cortex and dorsolateral prefrontal cortex for attention shifting. ***NeuroImage***, 23: 670-9.

Humphreys, G.W., Price, C.J., & Riddoch, M.J. (1999). From objects to names: a cognitive neuroscience approach. ***Psychologie Research***, 62: 118-130.

Janowsky, J., Chavez, B., & Orwoll, E. (2000). Sex steroids modify working memory. ***Journal of Cognitive Neuroscience***, 12: 407-414.

Jansma, J., Ramsey, N., Coppola, R. & Kahn, R. (2000). Specific versus nonspecific brain activity in parametric n-back task. ***NeuroImage***, 12: 688-697.

Jennings, J., van der Veen, F., & Meltzer, C. (2006). Verbal and spatial working memory in older individuals: a positron emission tomography study. ***Brain Research***, 1092: 177-189.

Kane, M., Bleckley, M., Conway, A. & Engle, R. (2001). A controlled-attention view of working memory capacity. ***Journal of Experimental Psychology: General***, 130: 169-183.

Keefover, R. (1998). Aging and cognition. ***Neurology of Clinical***, 16: 635-348.

Kelley, C. (1986). Depressive mood effects on memory and attention. En Poon, L. & Crook, T. (eds.). Handbook for clinical memory assessment of older adults. Washington, DC, US: American Psychological Association, p.p. 238-243.

Klingberg, T. (1998). Concurrent performance of two working memory task: potential mechanism of interference. ***Cerebral Cortex***, 8: 593-601.

Kolk, H., Chwilla, D., Van Herten, M. & Oor, P. (2003). Structure and limited capacity in verbal working memory: a study with event-related potentials. ***Brain and Language***, 85: 1-36.

Kubat-Silman, A., Degenbach, D. & Absher, J. (2002). Patterns of impaired verbal, spatial, and object working memory after thalamic lesions. *Brain and Cognition*, 50: 178-193.

Kutas, M. & Iragui, V. (1998). The N400 in a semantic categorization task across 6 decades. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 108: 456-471.

Langley, L. & Madden, D. (2000). Functional neuroimaging of memory: implications for cognitive aging. *Microscopy Research and Technique*, 51: 75-84.

Lee, J. (1999). Test anxiety and working memory. *The Journal of Experimental Education*, 67: 218-240.

Leonards, U., Ibanez, V. & Giannakopoulos, P. (2002). The role of stimulus type in age-related change of visual working memory. *Experimental of Brain Research*, 146: 172-183.

Livingstone, M.S., & Hubel, D.H. (1987). Psychophysical evidence for separate channels for the perception of form, color, movement, and depth. *Journal of Neuroscience*, 7: 3416-3468.

Logie, R.H. (2003). Spatial and Visual Working Memory: A Mental Workspace. *The Psychology of Learning and Motivation*. Volume 42. USA: Academic Press. P.p. 37-38.

Löw, A., Rockstroh, B., Cohen, R., Hauk, O., Berg, P. y Maier, W. (1999). Determining working memory from ERP topography. *Brain Topography*, 12: 39-43.

Luck, S. & Girelli, M. (1998). Electrophysiological approaches to the study of selective attention in human brain. En Parasuma, R. (ed.). *The Attention Brain*. Cambridge: The Massachusetts Institute of Technology, p.p. 71-94.

Luszcz, M. (1992). Predictors of memory young-old and old-old. *International Journal of Behavioral Development*, 15: 147-166.

Matlin, M. & Foley, H. (1991). *Sensation and perception*. (3<sup>a</sup> edition). Boston: Allyn and Bacon, p.p.24-37.

May, C.P., Zacks, R.T., Hasher, L., & Multhaup, K.S. (1999). Inhibition in the processing of garden-path sentences. *Psychology and Aging*, 14: 304-314.

McEvoy, L., Pellouchound, E., Smith, M. & Gevins, A. (2001). Neurophysiological signals of working memory in normal aging. *Cognitive Brain Research*, 11: 363-376.

McEvoy, L., Smith, M. & Gevins, A. (1998). Dynamic cortical networks of verbal and spatial working memory: effects of memory load and task practice. *Cerebral Cortex*, 8: 563-574.

Mecklinger, A. & Müller, N. (1996). Dissociations in the processing of "what" and "where" information in working memory: An event-related potential analysis. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 8: 453-473.

Mesulam, M. (2000). Brain, mind, and the evolution of connectivity. *Brain and Cognition*, 42: 4-6.

Milham, M.P., Erickson, K.I., Banich, M.T., Kramer, A.F., Webb, A., Wszalek, T., & Cohen, N.J. (2002). Attentional control in the aging brain: insights from an fMRI study of the stroop task. *Brain and Cognition*, 49: 277-296.

Miller, H. & Bichsel, J. (2004). Anxiety, working memory, gender, and math performance. *Personality and Individual Difference*, 37: 591-606.

Missonnier, P., Gold, G., Leonards, U., Costa-Fazio, L., Michel, J., & Ibanez, V. (2004). Aging and working memory: early deficits in EEG activation of posterior cortical areas. *Journal of Neural Transmission*, 111: 1141-1144.

Missonnier, P., Leonards, U., Gold, G., Palix, J., Ibanez, V. & Giannakopoulos, P. (2003). A new electrophysiological index for working memory load in humans. *NeuroReport*, 14: 1451-1455.

Miyake, A., Friedman, N., Rettinger, D., Shah, P. & Hegarty, M. (2001). How are visuospatial working memory, executive functioning, and spatial abilities related? A latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130: 621-640.

Morris, R., Gick, M. & Craik, F. (1988). Processing resource and age difference in working memory. *Memory and Cognition*, 16: 362-366.

Müller, N. & Knight, R. (2002). Age-related change in fronto-parietal networks during spatial memory: an ERP study. *Cognitive Brain Research*, 13: 221-234.

Myerson, J., Hale, S., Rhee, S. & Jenkins, L. (1999). Selective interference with verbal and spatial working memory in young and older adults. *Journal of Gerontology: Psychological Science*, 54B: 161-164.

Nitschke, J., Heller, W., Etienne, M. & Miller, G. (2004). Prefrontal cortex activity differentiates processes affecting memory in depression. *NeuroImage*, 28: 89-96.

Nystrom, L., Braver, T., Sabb, F., Delgado, M., Noll, D. & Cohen, J. (2000). Working memory for letters, shapes, and locations: fMRI evidence against stimulus-based regional organization in human prefrontal cortex. *NeuroImage*, 11: 424-446.

Oberauer, K. & Kliegl, R. (2001). Beyond resources: formal models of complexity effects and age differences in working memory. *European Journal of Cognitive Psychology*, 13: 187-215.

Osorio, D. (2006). Respuesta galvánica de la piel durante una tarea de memoria de trabajo especial. Tesis de licenciatura inédita, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Psicología, México, D.F

Owen, A., McMillan, K., Laird, A., & Bullmore, E. (2005). N-back working memory paradigm: meta-analysis of normative functional neuroimaging studies. *Human Brain of Mapping*, 25: 46-59.

Paulesu, E., Frith, C. & Frackowiak, S. (1993). The neural correlates of the verbal component of working memory. *Nature*, 362: 342-345.

Petrides, M., & Pandya, D.N. (1999). Dorsolateral prefrontal cortex: comparative cytoarchitectonic analysis in the human and the macaque brain and corticocortical connection patterns. *The European Journal of Neuroscience*, 11: 1011-1036.

Petrides, M., & Pandya, D.N. (2002). Comparative cytoarchitectonic analysis of the human and the macaque ventrolateral prefrontal cortex and corticocortical connection patterns in the monkey. *The European Journal of Neuroscience*, 16: 291-310.

Pfefferbaum, A. Ford, J., Wenegrat, B., Roth, W. & Kopell, B. (1984). Clinical application of the P3 component of event-related potentials. In normal aging. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 59: 85-103.

Picton, T. (1988). Human Event-related potential. Handbook of Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, Cap. 1, Vol. 3. Amsterdam: Elsevier.

Picton, T., Stuss, D., Champagne, S. & Nelson, R. (1984). The effects of age on human even-related potentials. *Psychophysiology*, 21: 312-325.

Polich, J. (1996). Meta-analysis of P300 normative aging studies. *Psychophysiology*, 33: 334-353.

Rains, D. (2001). Principles of Human Neuropsychology. Boston: McGraw Hill, p.p.260-275.

Ravizza, S., Delgado, M., Chein, J., Becker, J., & Fiez, J. (2004). Functional dissociation within the inferior parietal cortex in verbal working memory. *NeuroImage*, 22: 562-573.

Raz, N. (2000). Aging of the brain and its impact on cognitive performance: integration of structural and functional findings. En Craik, F. & Salthouse T. (eds.). The Handbook of Aging and Cognition, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, pp.1-90.

Reuter-Lorenz, P., Jonides, J., Smith, E., Hartley, A., Miller, A. Marschuetz, C. & Koeppe R.. (2000) Age differences in the frontal lateralization of verbal and spatial working memory revealed by PET. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12: 174-187.

Rigoulot, S., Delplanque, S., Desprez, P., Defoort-Dhellemmes, S., Honoré, J., y Sequeira, H. (2008). Peripherally presented Emotional Scenes: A Spatiotemporal Analysis of Early ERP Responses. *Brain Topography*, 20: 216-223.

Robles, R., Varela, R., Jurado, S. & Páez, F. (en prensa). Versión mexicana del inventario de Ansiedad de Beck: propiedades psicométricas.

Roediger III, H., Marsh, E. & Lee, S. (2003). Las variedades de la memoria. Medin, D. & Pashler, H. (eds.). Steven's Handbook of Experimental Psychology, New York: John Wiley and Sons, p.p. 1-99.

Ruiz, A. (2000). Capacidad de la memoria serial con estímulos visuales abstractos. Tesis de licenciatura inédita, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Psicología, México, D.F.

Rypma, B., & D'Esposito, M., (2000). Isolating the neural mechanisms of age-related changes in human working memory. *National of Neuroscience*, 3: 509-515.

Rypma, B., Prabhakaran, V., Desmond, J., Glover, G. & Gabrieli, J. (1999). Load-dependent roles of frontal brain regions in the maintenance of working memory. *Neuroimage*, 9: 216-226.

- Sanz, J. & Vázquez, C. (1998). Fiabilidad, validez y datos normativos del Inventario para la depresión de Beck. *Psicothema*, 10: 303-318.
- Salat, D., Kaye J. & Janowsky, J. (2002). Greater orbital prefrontal volume selectively predicts worse working memory performance in older adults. *Cerebral Cortex*, 12 : 494-505.
- Salmon, E., Linden, V., Collete, F., Delfiore, G., Maquet, P., Degueldre, C., Luxen, A. & Franck, G. (1996). Regional brain activity during working memory tasks. *Brain*, 119: 1617-1625.
- Salthouse, T. (1988). Resource-reduction interpretation of cognitive aging. *Developmental Review*, 8: 238-272.
- Salthouse, T. (1995). Differential age-related influences on memory for verbal-symbolic information and visual-spatial information? *Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences & Social Sciences*, 50B: P193-P201.
- Salthouse, T. (2000). Aging and measures of processing speed. *Biological Psychology*, 54: 35-54.
- Sarter, M., Givens, B., & Bruno, J.P. (2001). The cognitive neuroscience of sustained attention: where top-down meets bottom-up. *Brain Research. Brain Research Reviews*, 35: 146-160.
- Scheretlen, D., Pearlson, G., Anthony, J., Aylward, E., Augustine, A., Davis, A. & Barta, P. (2000). Elucidating the contributions of processing speed, executive ability, and frontal lobe volume to normal age-related difference in fluid intelligence. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 6: 52-61.
- Schneider, W.X. (1999). Visual-spatial working memory, attention, and scene representation: a neuro-cognitive theory. *Psychological Research*, 62: 220-236.
- Schumacher, E.H., Lauber, E., Awh, E., Jonides, J., Smith, E.E., & Koeppe, R.A. (1996). PET evidence for an amodal verbal working memory system. *Neuroimage*, 3:79-88.
- Schweickert, R. & Boruff, B. (1986). Short- term memory capacity: magic number or magic spell? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 12: 419-425.

Shaw, R., Helmes, E. & Mitchell, D. (2006). Age-related change in visual, spatial and verbal memory. *Australasian Journal on Ageing*, 25: 14-19.

Shumacher, E., Lauber, E., Awh, E., Jonides, J., Smith, E. & Koeppel, R. (1996). PET evidence for an modal verbal working memory system. *NeuroImagen*, 3: 79-88.

Smith, E., & Jonides, J (1999). Storage and executive processes in the frontal lobe. *Science*, 283:1657-1661.

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

Smith, E.E., & Jonides, J. (1998). Neuroimaging analyses of human working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 95: 12061-12068.

Speck, O., Ernst, T., Braun, J., Koch, C., Miller, E., & Chang, L. (2000). Gender differences in the functional organization of the brain for working memory. *NeuroReport*, 3: 2581-2585.

Spielberger, C.D. (1966). Theory and research on anxiety, en C.D. Spelberger (ed.), *Anxiety and behavior*, Nueva York: Academic Press. pp. 3-22.

Steer, R., Kumar, G., Ranieri, W. & Beck, A. (1995). Use of the Beck Anxiety Inventory with adolescent psychiatric outpatients. *Psychological Reports*, 76: 459-465.

Steer, R., Rissmiller, D., Ranieri, W. & Beck, A. (1993). Structure of the computer assisted Beck Anxiety Inventory with psychiatri inpatients. *Journal of Personality Assessment*, 6: 532-542.

Stevens, F., Kaplan, C., Ponds, R. & Jolles, J. (2001). The importance of active lifestyles for memory performance and memory self-knowledge. *Basic & Applied Social Psychology*, 23: 137-145.

Tirapu-Ustárroz, J., García-Molina, A., Luna-Lario, P., Roig-Rovira, T., & Pelegrín-Valero, C. (2008). Modelo de control y funciones ejecutivas. *Revista de Neurología*, 46: 742-750.

Tisserand, D. J., & Jolles, J. (2003). On the involvement of prefrontal networks in cognitive ageing. *Cortex*, 39: 1107-1128.

Trott, C., Friedman, D., Ritter, W., & Fabiani, M. (1997). Item and source memory: differential age effects revealed by event-related potentials. *NeuroReport*, 20: 3373-3378.

Tuholski, S., Engle, R. & Baylis, G. (2001). Individual differences in working memory capacity and enumeration. *Memory and Cognition*, 29: 484-492.

Tulving, E. (1972). Episodic and semantic memory. Tulving, E. & Donaldson, W. (eds.). Organization of Memory. New York: Academic Press, p.p.382-404.

Ungerleider, L.G., & Haxby, J.V. (1994). "What" and "where" in the human brain. *Current Opinion in Neurobiology*, 4: 157-165.

Vecchi, T. & Cornoldi, C. (1999). Passive storage and active manipulation in visuospatial working memory: Further evidence from the study of age differences. *European Journal of Cognitive Psychology*, 11: 391-406.

Vecchi, T., & Girelli, L. (1998). Gender differences in visuo-spatial processing: the importance of distinguishing between passive storage and active manipulation. *Acta Psychologica*, 99: 1-16.

Wager, T., & Smith, E. (2003). Neuroimaging studies of working memory: a meta-analysis. *Cognitive, Affective and Behavioral of Neuroscience*, 3: 255-274.

Watter S., Geffen G. & Geffen L. (2001). The n-atrás as a dual-task: P300 morphology under divided attention. *Psychophysiology*, 38: 998-1003.

Wechsler, D. (1981). WAIS-Español – Escala de Inteligencia para adultos – Manual. México: Manual Moderno.

Weinberg, R.S. & Gould, D. (1995). Foundations of Sport and Exercise Psychology. 3: 25-27.

Weingartner, H. (1986). Automatic and effort-demanding cognitive processes in depression. Poon, L. & Crook, T. Handbook for clinical memory assessment of older adults, Washington, DC, US: American Psychological Association, p.p. 218-225.

West, R. & Bowry, R. (2005). Effects of aging and working memory demands on prospective memory. *Psychophysiology*, 42: 698-712.

West, R., Ergis, A. M., Winocur, G., & Saint-Cyr, J. (1998). The contribution of impaired working memory monitoring to performance of the self-ordered pointing task in normal aging and Parkinson's disease. *Neuropsychology*, 12: 546-54.

Wiegersma, S., van der Scheer, E., & Human, R. (1990). Subjective ordering, short-term memory, and the frontal lobes. *Neuropsychologia*, 28: 95-98.

Wood, C. & Allison, T. (1981). Interpretation of evoked potentials: A neurophysiological perspective. *Canadian Journal of Psychological Review*, 35: 113-135.

Wrisberg, C. (1994). The Arousal-Performance Relationship. *Quest*, 46: 60-77.

Zacks, R. & Hasher, L. (1997). Cognitive gerontology and attentional inhibition: a reply to burke and McDowd. *Journal of Geontology: Psychological Science*, 52B: 274-283.

Zelinsky, E., & Lewis, K. (2003). Adult age differences in multiple cognitive functions: Differentiation, dedifferentiation, or process-specific change? *Psychology and Aging*, 18: 727-745.

## Apéndice A

Figuras abstractas que se emplearan en la tarea visual.

