

01985



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MEXICO

PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN PSICOLOGIA
NEUROCIENCIAS DE LA CONDUCTA

PREDICCIÓN NEUROFISIOLÓGICA DEL RECUERDO EN
ADULTOS JOVENES Y EN ADULTOS MAYORES

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTORA EN PSICOLOGIA
P R E S E N T A
MA. DE LA CRUZ BERNARDA TELLEZ ALANIZ

DIRECTORA DE TESIS: DRA. SELENE CANSINO ORTIZ

JURADO: DRA. MARIA CORSI CABRERA

DRA. ERZSEBET MAROSI HOLCZBERGER

DRA. MARIA DOLORES RODRIGUEZ ORTIZ

DRA. IRMA YOLANDA DEL RIO PORTILLA

DRA. MARTHA LILIA ESCOBAR RODRIGUEZ

DRA. MARIA GUILLERMINA YAÑEZ TELLEZ



MEXICO, D.F.

SEPTIEMBRE 2004



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

"Para parar las aguas del olvido..."

Paco Ignacio Taibo

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi libro receptional.

NOMBRE: Ma de la Cruz
Bernarda Téllez Alanís

FECHA: 24 Ago 04

FIRMA: MC

ÍNDICE

Reconocimientos	7
Agradecimientos	9
Dedicatoria	11
Resumen	15
Antecedentes	17
Codificación y reconocimiento durante el envejecimiento	17
Potenciales relacionados a eventos	23
1. Obtención de los potenciales relacionados a eventos	25
2. Principales potenciales relacionados a eventos estudiados en la cognición	32
3. Potenciales relacionados a eventos durante el envejecimiento	39
Potenciales relacionados a eventos asociados a la memoria en adultos jóvenes y mayores	43
1. Potenciales relacionados a eventos durante la codificación en adultos jóvenes: efecto subsecuente de memoria	43
2. Potenciales relacionados a eventos durante la codificación en adultos mayores: efecto subsecuente de memoria	49
3. Potenciales relacionados a eventos durante el reconocimiento en adultos jóvenes: efecto viejo/nuevo	51
4. Potenciales relacionados a eventos durante el reconocimiento en adultos mayores: efecto viejo/nuevo	55
Método	59
Sujetos	59
Instrumentos	60
Estímulos	62
Procedimiento	62
Registro	64
Obtención de los potenciales relacionados a eventos	64
Análisis de Datos	65
Resultados conductuales	69
Codificación	69
Reconocimiento	70
Resultados fisiológicos	71
Codificación	71
Reconocimiento	81
Discusión	91
Codificación	94
Reconocimiento	102
Envejecimiento	106
Conclusión	109
Mejoras al estudio	111
Direcciones para futuras investigaciones	112
Referencias	115

RECONOCIMIENTOS

Esta tesis se realizó con el apoyo otorgado por CONACyT, proyecto número 36203H, y por DGAPA-PAPIIT de la Universidad Nacional Autónoma de México, proyecto número IN304202.

Asimismo, la realización de esta tesis fue posible gracias a la beca para estudios de Doctorado otorgada por CONACyT registro 158720 y a la beca de la Dirección General de Estudios de Posgrado de la Universidad Nacional Autónoma de México.

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Selene Cansino por el apoyo y tiempo brindado para mi formación, por la confianza otorgada y por permitirme estar en el espacio que por muchos años ha sido mi casa: el Laboratorio de NeuroCognición.

A la Dra. Maria Corsi por compartimos su fantástica manera de ver la ciencia, por su entusiasmo para analizar las más diversas preguntas de investigación y por su insistencia para someter nuestras ideas, reflexiones y aportaciones a un estricto rigor metodológico.

A la Dra. Erzsebet Marosi por su extraordinaria calidez y confianza, por sus observaciones precisas en los temas académicos y sus comentarios personales que nos recuerdan que en la ciencia no hay nada seguro o garantizado "... dichosos los panaderos porque ellos saben que va a resultar de su trabajo, pero nosotros, nosotros no lo sabemos...".

A la Dra. Dolores Rodríguez por su participación puntual y precisa en todo el proceso de mi formación académica, desde la Maestría hasta este peculiar momento.

A la Dra. Martha Escobar por compartirme sus conocimientos y su visión metodológica. Por ser ella un ejemplo de trabajo, sencillez y empuje.

A la Dra. Yolanda del Río siempre atenta, apoyándonos a cada paso en nuestros estudios y en nuestra vida cotidiana. Excelente profesora y compañera.

A la Dra. Guillermina Yañez por sus comentarios, recomendaciones y sugerencias que enriquecieron el presente trabajo.

A todos los miembros del Laboratorio de NeuroCognición por compartir (y resistir) la vida diaria, por cambiar la rutina a una maravillosa convivencia teñida de las más diversas tonalidades y porque al final de la jornada ya no veo sólo compañeros sino amigos que me han permitido entrar en sus vidas. Les agradezco también su ayuda para la realización y culminación de este trabajo, el cual, a fin de cuentas, es resultado de la cooperación de todos los que formamos parte de este equipo: Alejandra, Evelia, Patricia, Juliette, Ericka, Melisa, Lissete, Cinthya, David, Yadira, Mariana y Selene.

A todos los participantes del experimento que asistieron a las sesiones y se arriesgaron a usar una extraña gorra con electrodos, tal vez a ellos les extrañe nuestra fascinación por la actividad eléctrica cerebral: A los adultos jóvenes por su tiempo y curiosidad y a los adultos mayores por la oportunidad que nos dieron de escuchar sus historias y aprender de ellos.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi estrella número uno: Estela Alanís (mejor conocida como mi mamá). Cada vez que nos vemos lo sabes, así que aquí sólo te recuerdo que te quiero hoy como todos los días, ¡Lo logramos!.

A mi inspiración de niña y ejemplo constante, aun cuando ambas somos adultas: Vicky.

*A mi hermano que no quería que fuera a su examen, pero que sigue siendo mi niño consentido:
Fran*

A mis compañeras de viaje con las que me ha tocado compartir de todo, desde subirnos a los árboles y cortar mangos, pasando por funerales, bodas y nacimientos, hasta pláticas interminables alrededor de la mesa: Lucy, Cucky, Martha, Violeta y Tarsi.

A las chicas de mi vida, sobrinas todas ellas: Paulina, Capullo, Estela, Natalia, Ericka y Ximena.

A mis sobrinos (alguien explíqueme por que me tocaron los más traviesos): Emiliano, René, Carlos, Enrique y Luis.

A mis eternos amigos que siempre me ayudan, me apoyan, me quieren, los quiero: Marcos, Verónica y Liliana.

Alejandra, sabes que pienso que el mejor regalo que uno puede dar a los amigos es la presencia y hablando de tu presencia eso se entiende fácilmente: trabajadora incansable, amiga incondicional, compañera a morir, maestra paciente y precisa. Gracias por ser mi compañera en el laboratorio, en el doctorado y en la vida, por compartir todos estos años de trabajo con amargas y dulces experiencias.

Juliette, espero que te hayas divertido mucho en el labo de los cisnes, recuerda que siempre hemos dicho que lo que hace estupendo al laboratorio es su gente. Trabajamos y vivimos allí, nuestra mente y corazón han salido fortalecidos.

Patricia y Evelia, gracias por ser parte de este trabajo. Les deseo el mayor de los éxitos en el proyecto que ahora inician y espero que en el futuro trabajemos juntas como hasta ahora.

Ericka gracias por tu amistad y por tu apoyo, no lo habrás notado pero en los momentos más difíciles tu solidaridad me reconfortó y me ayudó a seguir adelante.

David, que tus metas en el mundo de las letras se cumplan pronto, trabaja duro como hasta ahora y pronto las musas encontrarán una morada permanente en ti.

Lisete, Melisa y Cinthya, las pequeñas de nuestro clan que pronto se han convertido en excelentes profesionales, ha sido un gusto trabajar y reír con ustedes, sigan adelante.

*A tí que me obsequiaste la luna,
a tí reflejo de mis ojos,
por ayudarme, por escucharme,
por no dejar que me rindiera,
porque no me dejaste sola en la inmensidad de la existencia,
porque a pesar de la vastedad del tiempo y el espacio
fuiste en pos mía y me encontraste...*

RESUMEN

El reconocimiento es un proceso de memoria estudiado principalmente a través del paradigma estudio-prueba, el cual consta de dos fases: la primera donde se presentan los estímulos (codificación) y otra donde se prueba el reconocimiento de los mismos (reconocimiento). Algunos estudios que emplean este paradigma han reportado que los adultos mayores tienen igual nivel de reconocimiento que los adultos jóvenes (Mark y Rugg, 1998; Friedman y Trott, 2000), en cambio, en otras investigaciones se han encontrado diferencias significativas en el reconocimiento entre ambos grupos (Wegesin, Friedman, Varughese y Stern, 2002; Joyce, Paller, McIsaac y Kutas, 1998). La utilización de este paradigma tiene la ventaja de que permite estudiar ambas etapas, codificación y reconocimiento, del proceso de memoria. Asimismo, en varios estudios se ha reportado que la intención de recordar la información favorece la memoria (Noldy, Stelmack y Campbell, 1990; Nelly, Beck, Bottalico y Molloy, 1990) pero en otros experimentos no (Light y Zelinsky, 1983; Kausler y Hakami, 1983).

En el presente estudio se registraron los potenciales relacionados a eventos (PRE) para investigar la actividad electrofisiológica asociada a la codificación y al reconocimiento en adultos jóvenes y en adultos mayores en una tarea incidental y otra intencional. Participaron 20 adultos jóvenes (20 a 30 años) y 20 adultos mayores (60 a 76 años) sin síntomas de demencia ni depresión. Los participantes realizaron dos tareas de codificación y reconocimiento, la primera incidental (los sujetos ignoraron que después tenían que reconocer las palabras), y la segunda intencional (los sujetos fueron notificados de la fase posterior de reconocimiento). En la fase de codificación los sujetos realizaron una tarea de clasificación semántica (natural vs. artificial) y en la fase de reconocimiento tenían que indicar si las palabras presentadas eran viejas (presentadas en la codificación) o nuevas (primer presentación). En la fase de codificación se obtuvieron los PRE en función del reconocimiento subsecuente (palabras viejas reconocidas correcta e incorrectamente), mientras que en el reconocimiento se obtuvo el promedio de la actividad eléctrica asociada a las palabras reconocidas correctamente como viejas (presentadas en la codificación) o nuevas (primer presentación). Los resultados indicaron que en ambos grupos los PRE de la fase de codificación fueron diferentes entre palabras subsecuentemente reconocidas y las no reconocidas, mientras que en la fase de reconocimiento los PRE fueron distintos entre palabras viejas y nuevas. Lo anterior muestra que los procesos de memoria expresados por estos PRE fueron similares en adultos jóvenes y mayores.

ANTECEDENTES

Codificación y reconocimiento durante el envejecimiento

Cuando el ser humano llega a una edad avanzada comienza a experimentar problemas para recordar información. Sin embargo la memoria no se ve afectada uniformemente ya que algunos procesos mnemónicos se ven más alterados que otros (Grady y Craik, 2000). La memoria es un proceso psicológico que se divide, de acuerdo al tiempo en el que la información permanece almacenada, en memoria sensorial, memoria a corto plazo y en memoria a largo plazo. Actualmente se considera que la memoria a largo plazo consta de dos sistemas paralelos e interactivos: la memoria declarativa o explícita y la memoria no declarativa o implícita (Fig.1). La memoria explícita hace referencia a la recuperación consciente de las experiencias, mientras que la implícita es un conjunto de almacenes altamente especializados cuyos contenidos no requieren de un recuerdo consciente (Squire, 1998). La memoria explícita ha sido dividida de acuerdo al tipo de información que almacena en episódica y semántica. La primera se refiere a las memorias personales que incluyen una información espacio-temporal precisa sobre el contexto en el cual un evento ocurrió, y la semántica que se refiere al almacenamiento de los conocimientos generales que no están asociados a un contexto exacto (Friedman y Johnson, 2000).

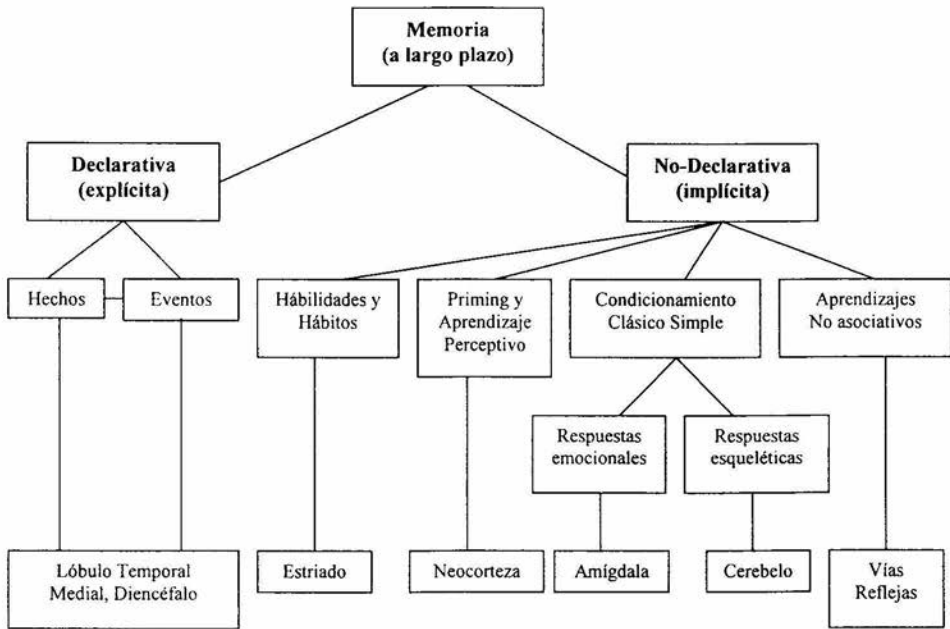


Fig 1. Taxonomía de los sistemas y subsistemas de memoria a largo plazo y estructuras del sistema nervioso central involucradas en cada uno de ellos. Figura tomada de Squire (1998).

Se ha reportado que los procesos de memoria implícitos, que no requieren de un recuerdo consciente, se conservan mejor que los explícitos, los cuales si necesitan de una evocación consciente (Light y Singh, 1987; Balota, Dolan y Duchek, 2000). El reconocimiento es una tarea que requiere de un esfuerzo explícito para recuperar la información y se ha reportado que los adultos mayores presentan desde ligeras hasta medianas y grandes deficiencias (Craik y McDowd, 1987; Rabinowitz, 1984). Para explicar estas fallas en la memoria asociadas al avance de la edad se han propuesto varias hipótesis, algunas de ellas indican que éstas se deben a alteraciones del procesamiento estratégico (Burke y Light, 1981; Craik y Jennings, 1992), a deficiencias en el procesamiento semántico (Craik y Byrd, 1982), a

problemas para utilizar la información del contexto (Balota, Duchek y Paullin, 1990) o a cambios en los mecanismos básicos que subyacen a todos los procesos cognoscitivos (Salthouse, 1988). Sin embargo, ninguna hipótesis ha logrado explicar completamente la naturaleza del deterioro mnemónico de los adultos mayores (Light, 1996).

La hipótesis de las deficiencias en el procesamiento semántico (Craik y Byrd, 1982) enuncia que en los adultos mayores se presenta una disminución en la riqueza, extensión y profundidad de la codificación, que ésta se realiza con menos asociaciones y de una manera más general (Light, 1996). Esta hipótesis se basa en los resultados de estudios que han encontrado que las personas mayores presentan deficiencias en la generación de asociaciones complejas (Hashtroudi, Parker, Luis y Reisen, 1989; Rankin y Collins, 1985) y en las investigaciones que demuestran que las personas mayores requieren un mayor número de ensayos para aprender la información (Albert, 1994). Estos hallazgos apoyan la hipótesis de que durante el envejecimiento normal una codificación no elaborada puede causar una disminución en el reconocimiento posterior. Las etapas que clásicamente se han distinguido en el proceso de memoria son la codificación, el almacenamiento y la recuperación. La codificación es el proceso por el cual una experiencia particular es transformada en un trazo de memoria duradero, lo cual hace posible el recuerdo consciente de esa representación (Tulving, 1983). Este proceso depende de dos componentes, el primero interviene en la transformación de la información sensorial en una representación interna que puede ser interpretada mientras que el segundo integra las representaciones internas en un trazo de memoria duradero, de tal forma que la representación resultante permite que la experiencia sea actualizada. Esta representación puede incluir fragmentos perceptuales y conceptuales, pensamientos autogenerados, detalles contextuales y enlaces

importantes para formar un engrama integrado (Paller y Wagner, 2002). Dichos componentes son evidentes en los pacientes con amnesia anterógrada originada por daño en la corteza temporal bilateral o por lesión en el diencéfalo. Estos pacientes pueden mantener una conversación normal, pueden repetir información de manera inmediata y poseen una memoria de trabajo intacta (Cave y Squires, 1992). Por lo anterior, se ha propuesto que los amnésicos tienen un déficit en el segundo componente –formación y consolidación– de la codificación. Ambos componentes están presentes durante el aprendizaje y se han asociado por un lado a la actividad convergente de conexiones prefrontales y neocorticales posteriores, las cuales son responsables de la representación y del procesamiento dirigido a una meta; y por otro lado a las conexiones temporales mediales que guían el almacenamiento de los trazos episódicos duraderos y la integración de los diversos componentes de las representaciones (Paller y Wagner, 2002).

La habilidad de recordar un episodio o evento es una función de múltiples procesos, algunos de los cuales están involucrados en la codificación, otros en la recuperación y algunos otros emergen como resultado de la interrelación de ambos procesos.

Específicamente, se han estudiado cuatro aspectos que modifican la codificación: a) La modalidad sensorial que es estimulada de acuerdo al tipo de estímulo empleado (palabras vs. imágenes), b) el contraste entre estímulos novedosos y aquellos altamente familiares, c) la intensidad emocional asociada a los estímulos y, c) la manipulación de la atención hacia diferentes características del estímulo y los tipos de procesamiento (profundo o semántico y superficial o perceptual). Se ha demostrado que la memorización de una experiencia depende en gran medida de las operaciones cognoscitivas realizadas durante la codificación

inicial de esa experiencia (Karis, Bashore, Fabiani, y Donchin, 1982; Tulving, 1983) y también se ha observado que cuando existe un procesamiento semántico el recuerdo es superior que cuando éste no existe (Wagner, Koutstaal y Schacter, 1999).

En el estudio de la codificación se han utilizado principalmente dos tipos de paradigmas, incidentales e intencionales. En los primeros los sujetos no tienen conocimiento de que se trata de una tarea de memoria sino que realizan una tarea de codificación profunda (semántica) o superficial (perceptiva) y después, sorpresivamente, se les pide que recuperen la información con la que trabajaron (Craik y Lockhart, 1972). En cambio, en los paradigmas intencionales, los estímulos se presentan a los participantes con la consigna explícita de memorizarlos. De acuerdo a Postman (1964) la instrucción de aprender o memorizar facilita el recuerdo sólo cuando el sujeto procesa los estímulos de una forma más efectiva que el procesamiento inducido en una tarea incidental.

En adultos jóvenes se ha encontrado que la consigna de memorizar favorece el reconocimiento cuando la tarea de codificación es de tipo superficial (Noldy *et al.*, 1990), pero cuando la tarea es de tipo profundo no hay ventaja entre las tareas (Light y Zelinsky, 1983; Kausler y Hakami, 1983). Esto indica que cuando la tarea incidental se realiza con un procesamiento profundo (semántico) el beneficio de la instrucción de recordar se anula. En cambio, cuando la tarea es sencilla o superficial, este beneficio se presenta. Lo anterior indica que realizar una codificación profunda puede beneficiar el recuerdo tanto como la consigna de memorizar.

Varios estudios reportan que las personas mayores tienen menor rendimiento que los adultos jóvenes en pruebas incidentales (Nebes y Andrews-Kulis, 1976; Mitchell, 1989; Park y Shaw, 1992) y en intencionales (Light y Singh, 1987; Balota *et al.*, 2000), pero no se han comparado ambos tipos de codificación en ambos grupos de manera simultánea.

Nebes y Andrews-Kulis (1976) evaluaron a adultos jóvenes y mayores en una tarea incidental (generación de oraciones a partir de pares de palabras) y encontraron que los tiempos para generar las frases no fueron diferentes entre los grupos, pero en el recuerdo libre de las palabras los adultos mayores tuvieron menor desempeño. Mitchell (1989) empleó una tarea incidental (denominación de dibujos) y encontró que los adultos mayores presentaron menor porcentaje de recuerdo libre y reconocimiento que los adultos jóvenes. Park y Shaw (1992) realizaron una tarea de memoria incidental en adultos jóvenes y en adultos mayores. La mitad de los sujetos realizaron una tarea de recuerdo explícito (recuerdo con claves) y la otra una de recuerdo implícito (completamiento de palabras). Estos autores encontraron diferencias de acuerdo a la edad en la tarea de recuerdo explícito pero no en la de recuerdo implícito.

Con respecto al reconocimiento, éste se ha estudiado principalmente mediante el paradigma de estudio-prueba, el cual consta de una fase de estudio donde los estímulos se presentan para que los sujetos los aprendan y/o realicen una tarea con ellos, y de una fase de prueba en la que se presentan los estímulos de la fase anterior mezclados con estímulos nuevos como distractores. En este paradigma se ha encontrado que los adultos mayores tienen menor ejecución que los jóvenes (Wegesin *et al.*, 2002; Joyce *et al.*, 1998), aunque esta

diferencia no siempre se presenta (Mark y Rugg, 1998). Asimismo, el paradigma de reconocimiento continuo también se ha empleado para evaluar el reconocimiento explícito. Este paradigma no necesita de una fase de estudio y otra de codificación, ya que en una misma sesión los estímulos se repiten y el sujeto tiene que indicar si los estímulos son nuevos o repetidos. Friedman, Berman y Hamberger (1993) reportaron una disminución en el reconocimiento de los adultos mayores durante la realización de este paradigma. De acuerdo a la evidencia con pacientes con lesiones en el lóbulo temporal medial, diversos autores (Schacter, 1987; Squire, 1994; Milner, Corsi y Leonard, 1991) han señalado que la participación del lóbulo temporal medial y de algunas estructuras del diencefalo son esenciales para que se realice el reconocimiento de un ítem previamente experimentado.

Potenciales relacionados a eventos

Los potenciales relacionados a eventos son cambios en el voltaje que ocurren en un tiempo particular antes, durante o después de un cambio que sucede en el mundo físico y/o en relación a algún proceso psicológico (Picton, 1988). Los PRE se clasifican en exógenos y endógenos, los primeros son determinados por las características físicas del estímulo mientras que los segundos se asocian al procesamiento psicológico del mismo. Los PRE son generados por una separación de cargas a través de las membranas celulares en el sistema nervioso y el grado con el que los PRE son registrados a distancia del lugar donde se originan depende de la geometría de las membranas activas, de la sincronización de la actividad entre las células y de la impedancia de las células activas (Picton, 1988). En el sistema nervioso diversas actividades son llevadas a cabo simultáneamente por conjuntos de células distintos, si existe poca sincronización entre dichas agrupaciones su actividad no

puede ser registrada a distancia sobre el cuero cabelludo. Adicionalmente, el potencial de campo que un grupo de células genera en una distancia dada en asociación a un evento, se sobrepone a campos que son generados por otros grupos de células que están activas simultáneamente. En consecuencia, para medir los PRE es necesario cancelar los potenciales sobrepuestos generados por grupos celulares cuya actividad no está relacionada al evento. Esto se logra mediante la aplicación de filtro de frecuencias y la realización de promedios de la actividad eléctrica en relación al evento de interés. El promedio se realiza bajo el supuesto de que los PRE permanecen constantes mientras que el ruido aleatorio es atenuado en relación a la raíz cuadrada del número de ensayos promediados (Picton, 1988).

La interpretación de los PRE se realiza de acuerdo al análisis de los aspectos de su morfología: polaridad (positiva vs. negativa), amplitud (μV), latencia (mseg) y topografía (posición de los electrodos). El punto máximo de un componente en particular puede ser causado por la superposición de campos generados por varios procesos dentro del cerebro y los cambios en sus características, específicamente su amplitud, pueden no estar mostrando relaciones simples de los procesos subyacentes. Para determinar los componentes que contribuyen a un PRE se evalúa cómo éste es alterado por los cambios en el estímulo o en la tarea. Es decir, con esta técnica se observa cómo la actividad eléctrica varía en relación con la ejecución y/o con distintas manipulaciones experimentales. Actualmente, se acepta que la actividad registrada en el cuero cabelludo es el reflejo de los potenciales postsinápticos de las dendritas apicales de la neocorteza, sin embargo no hay una correspondencia entre el tipo de potencial postsináptico excitatorio o inhibitorio y la polaridad observada en los PRE (Wood y Allison, 1981; Fabiani, Gratton y Coles, 2000).

Una disminución en la amplitud de los PRE se interpreta como una disminución de las poblaciones neuronales que se activan sincrónicamente o como un aumento en la variabilidad en la presentación temporal del potencial. Por el contrario, un aumento de la amplitud se asocia a procesos inversos, mayor sincronización en la actividad de las poblaciones neuronales y/o mayor constancia en la presentación del potencial (Picton, 1988; Fabiani *et al.*, 2000).

1. Obtención de los potenciales relacionados a eventos

En este apartado se hará un breve resumen sobre el proceso de adquisición de la señal electroencefalográfica (EEG), la obtención de los PRE y el análisis de los mismos. En un primer momento, la conexión entre el sujeto y el equipo de registro se realizan mediante electrodos de plata (Ag), oro (Au) o estaño (Sn) colocados en el cuero cabelludo de acuerdo al sistema 10-20 (Jasper, 1958). En este sistema se identifica al inión, al nasión y a los puntos pre-auriculares, se marcan los sitios que quedan al 10, 20 y 50% sobre las líneas que unen a dichos puntos de referencia y se colocan los electrodos en los porcentajes mencionados (Fig. 2) (Jasper, 1958). La Sociedad Americana de Electroencefalografía (AES, 1991) propuso una nomenclatura para 71 electrodos en la que se agregan localizaciones a la mitad de la distancia entre las derivaciones originales del sistema 10-20. En años recientes se han desarrollado sistemas de registro de más de 128 canales y la relación entre la ubicación de los electrodos en el cuero cabelludo y las estructuras corticales subyacentes ha sido revisada por Steinmetz, Fhrst y Meyer (1989).

Antes de colocar el electrodo sobre el cuero cabelludo se separa el cabello en el área donde éste se va a colocar y la piel se frota para evitar que el registro EEG se contamine con potenciales generados por la piel intacta. Los electrodos se fijan a la piel con una pasta o gel electrolítico que a su vez es un medio de conducción eléctrica. Para registrar frecuencias mayores a 1 Hz, empleando electrodos de 1 cm^2 de área, se requiere que la impedancia sea menor a $10\text{ k}\Omega$ y para registrar frecuencias por debajo de 1 Hz ésta debe ser menor a $3\text{ k}\Omega$ (Picton, Lins y Scherg, 1995). El cuero cabelludo sin preparar tienen una impedancia de $50\text{ k}\Omega$ entre la superficie de dos electrodos. Se han desarrollado gorras para fijar mecánicamente los electrodos a la cabeza, los cuales pueden además localizar la posición del electrodo (gorra elástica: Bloom y Anneveldt, 1982; red geodésica: Tucker, 1993).

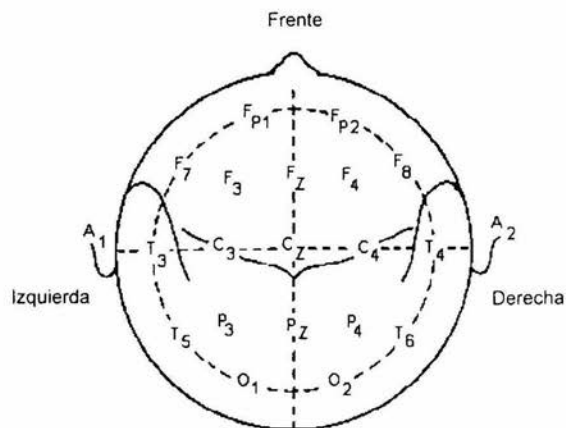


Fig 2. Ubicación de los electrodos de acuerdo al sistema 10-20.

La forma en que los electrodos son conectados a diferentes canales de registro se denomina "montaje". En los registros monopolares se compara la actividad registrada en un electrodo activo y otro sin actividad denominado de referencia (Fig. 3). Sin embargo, aún cuando se considera que la referencia es un sitio inactivo, cualquier referencia captura cierta cantidad de actividad eléctrica de la base del cerebro. El sitio más utilizado para colocar las referencias son los lóbulos auriculares, pero éstas también pueden colocarse en el hueso mastoides, en la punta de la nariz o en el pecho. También se puede emplear una referencia promediada la cual se calcula fuera de línea (Picton *et al.*, 1995) y que combina todos los electrodos registrados. En cambio, en los montajes bipolares se registran dos electrodos activos que se unen juntos en cadenas de electrodos (Fig. 3).

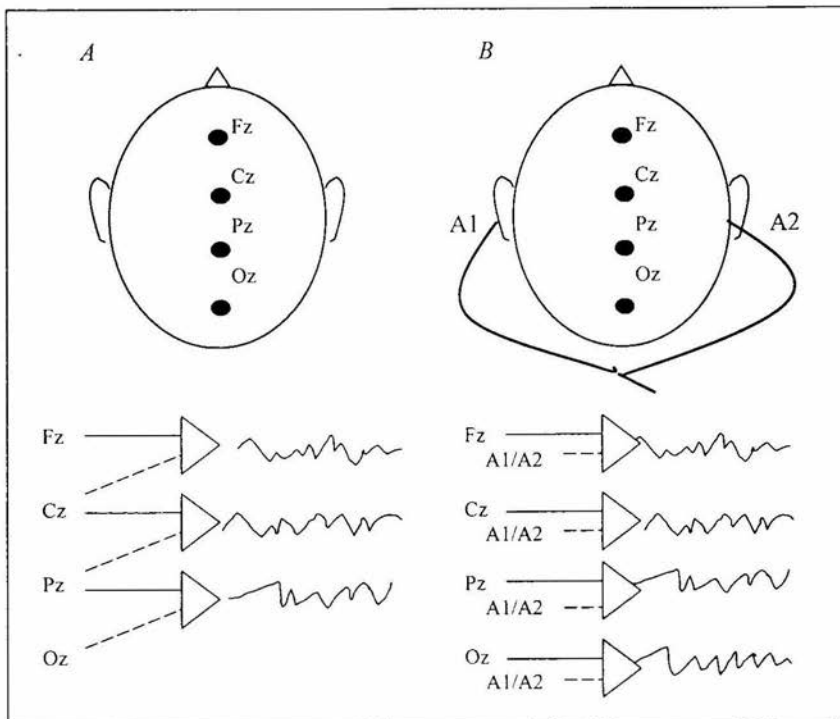


Fig 3. A Montaje bipolar. B Montaje monopolar.

Después de que los electrodos han sido colocados en el cuero cabelludo éstos se conectan a los amplificadores y a los filtros. La conexión con el amplificador puede ser con una conexión directa (corriente directa) o a través de un capacitor (corriente alterna). Los registros con conexión directa son empleados para estudiar componentes muy lentos. La mayoría de los PRE pueden registrarse usando una conexión a través de un capacitor. La actividad eléctrica cerebral registrada en el cuero cabelludo debe amplificarse debido a que es muy pequeña en comparación con otras actividades que también pueden ser captadas por los electrodos. Una vez que la señal EEG ha sido amplificada en el orden de 10,000 veces, la señal analógica se transforma a un formato digital a través de un convertidor analógico-digital. La conversión se realiza a una determinada tasa (puntos o muestras por segundo) en cierto período de tiempo. La tasa de muestreo debe ser lo suficientemente rápida para registrar las frecuencias más altas que se desean estudiar. Para lograr lo anterior se emplea el teorema de Nyquist, el cual indica que por lo menos se tome el doble de puntos de la frecuencia más alta que se registra. Además, es necesario que las frecuencias más altas a la “frecuencia” de Nyquist (la mitad de la tasa de muestreo) no sean incluidas en la conversión ya que tales frecuencias pueden aparecer en el registro en forma de sus armónicos inferiores (Fabiani *et al.*, 2000). Asimismo, para la adquisición de la señal se establecen los filtros adecuados para registrar las frecuencias seleccionadas: los de pase bajo permiten la adquisición de frecuencias que están por debajo de una frecuencia dada; los de pase alto permiten el paso de frecuencias altas a una frecuencia especificada; o se aplica un filtro de banda en el cual se establecen los límites de las frecuencias que deben registrarse. Usualmente el EEG se registra entre los 0.1 y los 100 Hz.

Para obtener los PRE es muy importante filtrar las frecuencias de interés y realizar el promedio de la señal. Ambos procedimientos, descritos anteriormente, aumentan la proporción señal-ruido. Sin embargo, previo a la realización de ambos procedimientos se debe realizar el rechazo de artefactos. Estos últimos son definidos como fuentes de actividad eléctrica que no surgen del cerebro (e.g. movimientos de los ojos y los párpados, tensión de los músculos de la cabeza y el cuello, actividad eléctrica generada por el corazón, etc.). Los artefactos se pueden disminuir realizando el registro en una situación donde éstos sean minimizados (e.g. cámara de Faraday, en aislamiento de cables u otros equipos eléctricos, estando el sujeto relajado sin realizar movimientos excesivos) y colocando filtros para atenuar la actividad artefactual (rechazar frecuencias por arriba de 100 Hz que son características del electromiograma). Ya que el registro se ha realizado y se detectan épocas contaminadas con artefactos, actividad eléctrica mayor a 50 o 60 μV , éstas deben ser eliminadas para que no se incluyan en el promedio. También se han empleado varios procedimientos para eliminar artefactos que aparecen constantemente en el registro, estos métodos consisten en medir la extensión del mismo y removerlo de los datos a través de métodos algebraicos, principalmente en el caso de los artefactos oculares o por movimientos excesivos en poblaciones difíciles como en niños y en pacientes (Fabiani *et al.*, 2000).

En la figura 4 se resume el proceso de adquisición, obtención y análisis de los PRE. Es importante señalar que la computadora que almacena la señal debe estar conectada a la computadora que presenta los estímulos ya que ésta última debe enviar un pulso que marque en el registro EEG el momento en el cual el ítem fue presentado al sujeto. Así, con

la marca temporal del inicio del estímulo, posteriormente se puede promediar la actividad eléctrica cerebral asociada al procesamiento del ítem sobre el cual el sujeto realizó una tarea.

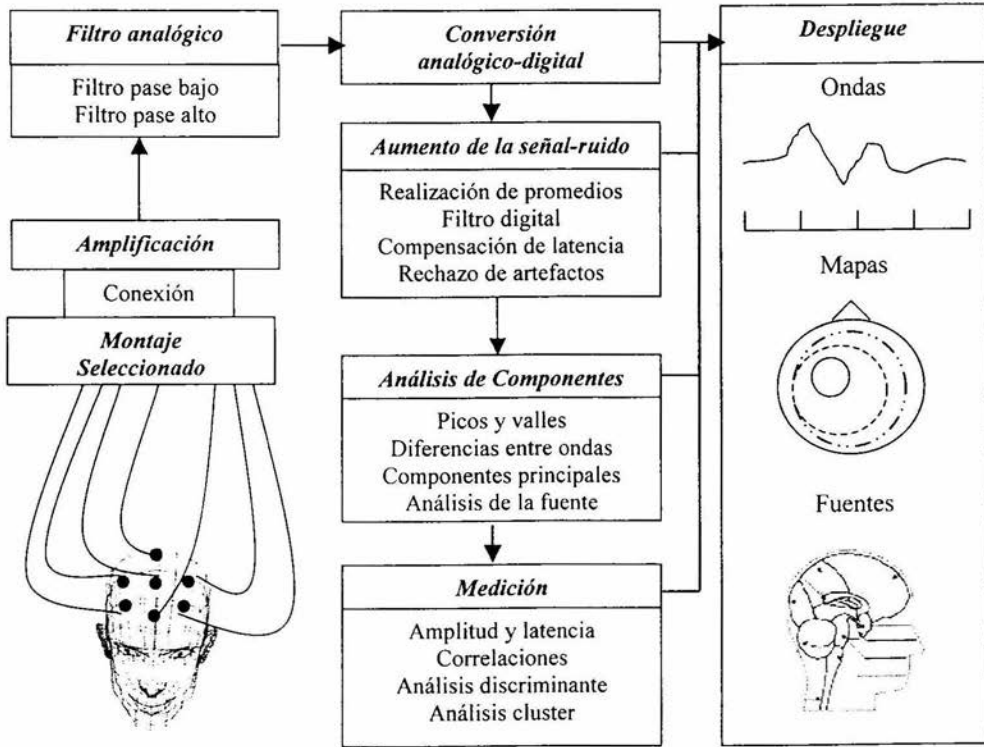


Fig 4. Esta figura ilustra los diferentes procedimientos involucrados en el registro de los PRE en humanos. La columna izquierda muestra el procedimiento para el registro de la actividad eléctrica del cuero cabelludo. La columna media muestra los procedimientos para analizar la señal en una computadora. La actividad analógica amplificada es inicialmente convertida a un formato digital. Entonces, se emplean varias técnicas para aumentar la razón señal-ruido, para determinar los componentes de la onda registrada y para medir esas ondas o componentes. La sección derecha de la figura muestra diferentes medios para el despliegue de la actividad durante y después del análisis. Modificada de Picton, Lins y Scherg, 1995, p.4.

La señal de los PRE no siempre es constante ya que puede existir una variabilidad de ensayo a ensayo tanto en la latencia como en la amplitud de los componentes, aún más cuando se realizan tareas cognoscitivas. Estas variaciones pueden distorsionar significativamente los PRE. Si sólo la amplitud varía, la onda promediada refleja la forma de las ondas individuales y el promedio es una media representativa. Sin embargo, cuando varía la latencia, la amplitud de la onda promediada no refleja la amplitud de las señales individuales. Se han propuesto métodos para compensar o corregir la variación de la latencia como el método de filtro propuesto por Woody, el de McGillem Aunon y Childers, y el de Picton, Hunt, Mowrey, Rodriguez y Maru (Picton *et al.*, 1995).

2. Principales potenciales relacionados estudiados durante la cognición

Los componentes de los PRE se denominan de acuerdo a su polaridad y latencia (e.g. P300), a su polaridad y número ordinal de su ocurrencia (e.g. P3), según las derivaciones en las que se presente o sea mayor (e.g. P300 frontal) o de acuerdo a las condiciones experimentales en las cuales es obtenido (e.g. P300 de la novedad, potencial de la preparación motora) (Fabiani *et al.*, 2000). De manera general, los PREs se dividen en aquellos asociados a la respuesta y en aquellos asociados a la presentación de un estímulo. Estos últimos se subdividen en los componentes sensoriales (1-10 mseg), los de latencia media (~100 mseg) y los de latencia tardía (~300 mseg). Los componentes que se han empleado más en el estudio de la cognición son los que ocurren ~100 mseg después de la presentación del estímulo.

Componentes sensoriales

Los componentes tempranos de los potenciales sensoriales son provocados invariablemente siempre que el sistema sensorial esté intacto (potenciales exógenos). Se piensa que éstos representan la actividad de las vías que transmiten la señal generada en los receptores periféricos a los sistemas de procesamiento centrales. Son componentes modalmente específicos ya que difieren en la forma de la onda y en topografía en función de la modalidad sensorial. Estos potenciales son utilizados para el diagnóstico de enfermedades neurológicas como enfermedades de desmielinización, tumores cerebrales e infartos. Por ejemplo, los potenciales sensoriales auditivos son muy importantes para el diagnóstico de

defectos auditivos en recién nacidos y los visuales para el diagnóstico de la esclerosis múltiple (Fabiani *et al.*, 2000). Estos potenciales son insensitivos a factores psicológicos por lo cual no se utilizan en el estudio de las variables psicológicas.

Componentes de latencia media

- El componente N100 y la atención selectiva.

En los PRE el efecto de la atención se define como el aumento en la amplitud del componente cuando la atención del sujeto es dirigida a alguna de las características del ítem. Se ha reportado que los estímulos atendidos se asocian a un PRE más negativo entre los 100-200 mseg en comparación con los no atendidos (Hillyard, Hink, Schwent y Picton, 1973).

- La negatividad asociada a la incongruencia (Mismatch Negativity, MMN).

La MMN fue descrita por Näätänen, Gaillard y Mäntysalo (1978), quienes emplearon el paradigma “oddball” auditivo pasivo. En este paradigma se presentan dos tipos de estímulos auditivos: un tono con mayor probabilidad de ocurrencia mezclado con otro tono cuya probabilidad de presentación es menor. El sujeto escucha pasivamente los tonos y su atención es dirigida a la realización de una tarea como la lectura de un texto. Para obtener la MMN se resta el PRE asociado al estímulo infrecuente del asociado al frecuente. Esta sustracción muestra una onda negativa con un inicio a los 50 mseg y un pico de actividad entre 100-200 mseg que es mayor en electrodos centrales y frontales. Asimismo, se obtiene un componente de polaridad invertida cuando se emplean referencias mastoideas en lugar de referencias auriculares. La inversión de polaridad cuando se emplean referencias en el

hueso mastoides, el empleo de la técnica de detección de dipolos y los resultados con registros intracraneales en animales, sugieren que la corteza auditiva primaria y/o las cortezas adyacentes a ella son los posibles generadores de este componente (Fabiani *et al.*, 2000). Debido a que la MMN se obtiene aún cuando el sujeto no pone atención, ésta se ha relacionado al procesamiento preatentivo o automático de las características diferentes de un ítem. Asimismo, se considera que refleja un tipo de memoria transitoria, ya que no se registra después de largos intervalos inter-estímulo, y que es un índice de una memoria temprana sensorial (ecoica) previa a la atención (Fabiani *et al.*, 2000). Sin embargo, no se ha obtenido un componente análogo o parecido en la modalidad visual.

- Los componentes N200 o N2.

Se trata de una familia de componentes negativos que son similares en latencia y cuya distribución en el cuero cabelludo y significado funcional varían de acuerdo a la modalidad sensorial estimulada y a las manipulaciones experimentales utilizadas. Los componentes N200s se obtienen en la modalidad visual con una amplitud máxima en electrodos occipitales y en la modalidad auditiva con máxima amplitud en electrodos centrales o frontales. En muchas situaciones experimentales su amplitud parece reflejar la detección de algún tipo de incongruencia entre las características del estímulo, o entre el estímulo y algún modelo o patrón formado previamente. La N200 difiere de la MMN en que la atención del sujeto es dirigida al análisis del ítem y en que el modelo de comparación puede ser generado por el sujeto, es decir, no se compara con la presentación física de un estímulo previo, sino con un patrón generado internamente por el mismo sujeto.

Los componentes de latencia tardía: efectos de lenguaje y memoria

- El componente N400 y la incongruencia semántica.

El componente N400 fue reportado por primera vez por Kutas y Hillyard (1980). Este componente aparece ante incongruencias semánticas escritas y auditivas pero no ante errores gramaticales (Fabiani *et al.*, 2000). Cuando se presentan oraciones afirmativas o negativas que pueden ser falsas o verdaderas, el componente N400 sólo se presenta ante las oraciones falsas afirmativas (e.g. a robin is a *fish*) y ante las verdaderas negativas (e.g. a robin is not a *fish*). Ambos tipos de oraciones coinciden en que su inicio no se relaciona semánticamente con la palabra final de la frase (Fischler, Bloom, Childers, Roucos y Perry, 1983). Debido a lo anterior se considera que el componente N400 es sensible a la violación de las expectativas semánticas. Adicionalmente, esta onda no aparece ante anomalías musicales en las que es común la presencia de componentes positivos (Besson, Fäita y Requin, 1994). El componente N400 es más evidente en los electrodos centro parietales y es ligeramente mayor en el hemisferio derecho que en el izquierdo. Evidencia obtenida con registros intracraneales señalan que este componente es generado en el giro fusiforme parahipocampal anterior (McCarthy, Nobre, Bentin y Spencer, 1995).

- El componente P300 clásico.

Como se mencionó anteriormente, los ítems irregulares o atípicos presentados en el paradigma “oddball” producen un PRE negativo de latencia media (N100).

Adicionalmente, si el sujeto está atendiendo a los estímulos y éstos son infrecuentes, se producen varios tipos de ondas positivas tardías (con una latencia ~300 mseg). La primera

de ellas se ha identificado como el componente P300, también denominado P3 o P3b, el cual presenta mayor amplitud en los electrodos parietales. La amplitud de la onda P300 es sensible a la probabilidad del estímulo, además, cuando el sujeto está dirigiendo su atención a otra tarea los eventos irregulares no la producen o ésta disminuye considerablemente (Fabiani *et al.*, 2000). En cambio, el componente positivo P3a se presenta cuando no se pone atención a los estímulos infrecuentes y su amplitud es mayor en los electrodos fronto centrales (Squires, Squires y Hillyard, 1975). Se ha propuesto que la latencia de la P300 puede reflejar el tiempo de evaluación o categorización del estímulo (Donchin, 1979) y que su amplitud puede ser una manifestación de procesos relacionados a la actualización de los modelos del entorno o del contexto en la memoria de trabajo (Donchin, 1981). Dicha actualización podría depender del procesamiento del evento actual pero también podría tener implicaciones para el procesamiento de la respuesta a eventos futuros (incluyendo la memoria subsecuente del evento mismo). Otras interpretaciones proponen que esta onda está relacionada a la finalización o cierre de periodos de procesamiento (Desmedt, 1980; Verleger, 1988) o que refleja el procesamiento controlado (Rösler, 1983). Actualmente no hay datos concluyentes a cerca de la fuente cerebral del componente P300, pero se acepta que éste es el resultado de la suma de actividad de generadores múltiples localizados ampliamente en la corteza y posiblemente en áreas subcorticales (Kugler, Petter y Platt, 1996). Una de las posibles fuentes se ha identificado en el lóbulo temporal medial (Halgren, Squires, Wilson, Rohrbaugh y Babb, 1980). Sin embargo, estudios de lesiones en animales (Paller, Zola-Morgan, Squire y Hillyard, 1988) y en humanos (Johnson, 1993) han mostrado que este componente se presenta aún cuando hay lesión en esta área. Knight, Scabini, Woods y Clayworth (1989) reportaron que lesiones en la unión temporo parietal afectan la amplitud del componente en ciertas condiciones. Anderer, Pascual-Marquí,

Semlitsch y Saletu (1998) investigaron los generadores de este potencial a través de la tomografía electromagnética de baja resolución (LORETA) y encontraron varios generadores en cuatro diferentes regiones cerebrales: en la unión parieto-occipital, en áreas prefrontales, en la corteza parietal inferior y en la corteza parietal superior media.

- El componente P3 frontal o de la novedad.

Courchesne, Hillyard y Galambos (1975) realizaron un estudio en el que a los estímulos del paradigma “oddball” le agregaron estímulos diferentes y novedosos. Los autores encontraron que los estímulos novedosos e inesperados producían una onda positiva con una latencia similar a la de la P300 pero de mayor magnitud en electrodos frontales.

Algunos autores consideran que la P300 clásica y la P300 de la novedad son dos componentes completamente diferentes (Donchin y Coles, 1988) mientras que otros autores sugieren que se trata de variaciones del mismo componente (Pritchard, 1981). Fabiani y Friedman (1995) encontraron que los estímulos irregulares producen componentes P300 frontales cuando se presentan por primera vez y que con las repeticiones subsecuentes los estímulos se asocian a una onda P300 parietal. Este desplazamiento del componente hacia electrodos posteriores se observó en adultos jóvenes pero no en los adultos mayores, en quienes se observó un componente P300 frontal tanto ante los estímulos irregulares como ante los novedosos (Fabiani y Friedman, 1995). Los autores propusieron que la onda P300 frontal puede ser producida por ítems para los cuales no hay una información previa en la memoria y que ésta disminuye cuando hay información disponible del ítem, ya que se ha formado un patrón o plantilla del mismo (i.e. con repeticiones del estímulo). Los adultos mayores o pacientes con disfunción frontal pueden tener dificultades en formar y/o mantener el patrón de un estímulo repetido y, en consecuencia, presentan un componente

P300 frontal ante cada estímulo irregular, aún cuando éste es repetido varias veces (Fabiani *et al.*, 2000).

-Efectos en los PRE asociados con la memoria subsecuente.

El componente positivo asociado a la memoria subsecuente se revisa más adelante en extenso ya que es uno de los componentes examinados en el presente estudio. Este componente fue reportado por primera vez por Sanquist, Rohrbaugh, Syndulko y Lindsey (1980) quienes encontraron que durante la codificación las palabras subsecuentemente reconocidas se asociaron a un componente positivo tardío mayor en comparación con los estímulos que no fueron recordados. Este resultado ha sido replicado por muchos investigadores en tareas en las que el estudio de los ítems es indirecto (e.g. clasificación semántica, Sanquist *et al.*, 1980; Van Petten y Senkfor, 1996) y en tareas directas (aprendizaje intencional, Karis, Fabiani y Donchin, 1984; Fabiani, Karis y Donchin, 1990).

- Efectos de los PRE ante el reconocimiento de estímulos repetidos.

Se ha investigado el efecto en los PRE en el reconocimiento a corto y largo plazo de estímulos previamente presentados. Para el estudio del reconocimiento a corto plazo se ha empleado el paradigma de Sternberg en el cual se presenta una lista corta de ítems a ser memorizados –el set de memoria– y después se presenta un ítem prueba que pudo estar o no en el set previo. Ford, Pfefferbaum, Tinklenberg y Kopell (1982) reportaron que la latencia del componente P300 varió en función del número de ítems en el set de memoria y que las respuestas positivas estuvieron asociadas a componentes P300 mayores que las respuestas negativas. En tareas de reconocimiento a largo plazo se ha encontrado un

componente positivo asociado a los estímulos reconocidos correctamente como repetidos o viejos. Este potencial fue explorado en el presente estudio y, al igual que al componente asociado a la memoria subsecuente, más adelante se le dedica un análisis extenso. Smith (1993) observó una onda positiva mayor (~300) ante los ítems reconocidos explícitamente en comparación de aquellos que sólo resultaron familiares o ni siquiera fueron reconocidos. Estos resultados han sido replicados por varios autores (Rugg, Mark, Gilchrist y Roberts, 1997; Johnson, Pfefferbaum y Kopell, 1985; Rugg y Nagy, 1989; Wilding y Rugg, 1996) y se han interpretado principalmente de dos formas: que el componente positivo mayor se asocia al recuerdo consciente de una experiencia o que el trazo mnemónico es más fuerte para los ítems recordados que para los olvidados.

3. Potenciales relacionados a eventos durante el envejecimiento

A continuación se expone información sobre los resultados de estudios que reportan cambios durante el envejecimiento en algunos PRE asociados a la cognición. En lo que concierne a los cambios en los potenciales evocados tempranos en los adultos mayores se puede consultar la excelente revisión realizada por Onofr, Thomas, Iacono, Andreamatteo y Paci (2001).

En la evaluación de los procesos cognoscitivos durante el envejecimiento se ha investigado principalmente el potencial P300, el cual es considerado como un indicador del procesamiento mental en razón de que su latencia se ha asociado a la velocidad de procesamiento (Kugler, 1999) y su amplitud se correlaciona con la capacidad de atención

(Fabiani *et al.*, 2000). Otros potenciales que se han estudiado son la MMN, el potencial de la variación contingente negativa (CNV) y el componente N400 relacionado con la detección de incongruencias al contexto (ver revisión de Kok, 2000), así como el efecto viejo/nuevo asociado a procesos de recuerdo (Mark y Rugg, 1998).

Se ha reportado una disminución en la amplitud de la MMN en adultos mayores normales ante tonos auditivos infrecuentes cuando ellos al mismo tiempo realizan la lectura de un texto (Woods, 1992; Czigler, Csibra y Csontos, 1992). Este hallazgo se interpretado, junto con la reducción en la magnitud de los componentes P300, P300 de la novedad y N400, como el reflejo de una alteración en el proceso de orientación en los adultos mayores (Kok, 2000).

Asimismo, en las personas mayores se presenta un aumento en la latencia y una disminución en la amplitud de la P300 en modalidad auditiva (Goodin, Squires, Henderson y Starr, 1978) y visual (Kugler, 1999), así como un aumento en el porcentaje de falsas alarmas durante la ejecución conductual (Chao y Knight, 1997). Kugler *et al.* (1996) reportaron que estas alteraciones son leves y que su aparición se acelera después de los 60 años. Asimismo, Kugler (1999) menciona que aunque la edad es el factor más importante en la variabilidad de la P300 también se deben evaluar los componentes tempranos que influyen en esa variación en determinada medida. Iragui, Kutas, Mitchiner y Hillyard (1993) encontraron que la latencia de los componentes tardíos (N2 y P3) aumentaron con la edad y que los componentes exógenos tempranos (N1 y P2) cambiaron proporcionalmente menos. Lo anterior sugiere que los cambios asociados al envejecimiento afectan los procesos cognoscitivos más que los sensoriales o perceptivos, lo que se infiere por el hecho

40

de que el aumento en la latencia del componente P300 no puede ser explicado por los incrementos modestos en la latencia de los componentes exógenos (Iragui *et al.*, 1993). En los adultos mayores el aumento en la latencia del componente P300 se ha interpretado como un reflejo del enlentecimiento del proceso de evaluación del estímulo y la disminución de la amplitud se ha relacionado con la alteración de las capacidades de atención (Kugler *et al.*, 1996). Adicionalmente, la distribución topográfica de este componente es diferente en los adultos jóvenes y en los mayores, ya que en estos últimos es mayor en los electrodos frontales. Sin embargo, en un meta-análisis realizado por Polich (1996) se muestra que algunos factores de los estímulos y que algunas condiciones de las tareas pueden contribuir en la aparición de las variaciones "normales" de la onda P300 atribuidas a la edad.

Con respecto al componente N400, se ha reportado que en los adultos mayores éste presenta un aumento en su latencia, lo cual es asociado a un aumento en los tiempos de reacción (Harbin, Marsh y Harvey, 1984). Asimismo se ha encontrado una disminución en la amplitud del componente (Kutas e Iragui, 1998; Harbin *et al.*, 1984) y se ha indicado que la lateralización derecha y la ubicación posterior de la onda N400 permanece constante con el paso de la edad (Kutas e Iragui, 1998). Se ha interpretado que la disminución de amplitud y latencia de este componente puede ser el resultado de diversos cambios fisiológicos (disminución de neurotransmisores, neuromoduladores y segundos mensajeros) y anatómicos (existencia de placas amiloides y marañas neurofibrilares en las regiones mesiales e inferiores del lóbulo temporal, disminución y/o encogimiento neuronal, alteraciones de la sustancia blanca, etc.) (Kutas e Iragui, 1998). Sin embargo, los cambios en la latencia y amplitud del componente N400 no se asocian a una disminución en la

ejecución durante la realización de las tareas semánticas en los adultos mayores, en las cuales ellos tradicionalmente presentan una buena ejecución (Bowles y Poon, 1985). Los cambios en este componente se han interpretado como reflejo del enlentecimiento al acceso de la memoria semántica, lo cual puede deberse a que los adultos mayores poseen redes más amplias de información y que por lo tanto ocupan más tiempo para alcanzar el dato deseado, o debido a la reducción de la velocidad de procesamiento neuronal y/o en razón a la existencia de mecanismos inhibitorios ineficaces que originan una integración pobre (Kutas e Irigui, 1998).

Los resultados de los PRE asociados a la codificación en la memoria y al reconocimiento de los adultos mayores se exponen exhaustivamente en los siguientes apartados.

Potenciales relacionados a eventos asociados a la memoria en adultos jóvenes y mayores

Existen diversos estudios sobre codificación (Paller, McCarthy y Wood, 1988; Paller, Kutas y Mayes, 1987; Weyerts, Tendolkar, Smid y Heinze, 1997) y reconocimiento (Rugg *et al.*, 1997; Johnson *et al.*, 1985; Rugg y Nagy, 1989; Wilding y Rugg, 1996) en adultos jóvenes mediante la técnica de los PRE, sin embargo, en dichas investigaciones sólo se reporta la actividad eléctrica asociada a la codificación o al reconocimiento, sin que haya un análisis simultáneo de ambas etapas. En el presente estudio se registraron y analizaron los PRE durante ambas etapas en relación al reconocimiento obtenido por los participantes.

Asimismo, en adultos mayores existen varios trabajos que reportan los PRE asociados al reconocimiento (Trott, Friedman, Ritter y Fabiani, 1997; Mark y Rugg, 1998; Wegesin *et al.*, 2002) pero la codificación ha sido escasamente estudiada (Friedman, Ritter y Snodgrass, 1996; Friedman y Trott, 2000).

1. Potenciales relacionados a eventos durante la codificación en adultos jóvenes: efecto subsecuente de memoria

El efecto subsecuente de memoria proporciona evidencia de la actividad cerebral relacionada al reconocimiento posterior y se obtiene durante la codificación al analizar la señal eléctrica en función del éxito y el fracaso en el recuerdo o reconocimiento subsiguiente (Fig. 5) (Paller y Wagner, 2002).

A lo largo de las últimas dos décadas, numerosos estudios (Friedman *et al.*, 1996; Paller *et al.*, 1988; Paller *et al.*, 1987; Weyerts *et al.*, 1997) han encontrado que los PRE registrados durante la fase de codificación de la información predicen el recuerdo ulterior. Este indicador fisiológico consiste en un componente positivo entre los 300 y 800 mseg que presenta una mayor amplitud ante los estímulos que se recuerdan que ante los que se olvidan (Sanquist *et al.*, 1980). Esta diferencia de amplitud en dicho componente se conoce con el nombre de efecto subsecuente de memoria (ESM) (Rugg, 1995). El ESM permite estudiar las características electrofisiológicas que subyacen a la codificación efectiva, etapa que es fundamental para la recuperación de la información, ya que se ha comprobado que cuando la información no es debidamente codificada, ésta no puede ser consolidada ni recuperada del almacén mnemónico (Baddeley, 1986). Como se mencionó anteriormente, una de las principales hipótesis que explican las alteraciones de la memoria durante el envejecimiento normal plantea que éstas se deben a deficiencias en las estrategias de codificación de la información (Burke y Light, 1981; Craik y Jennings, 1992).

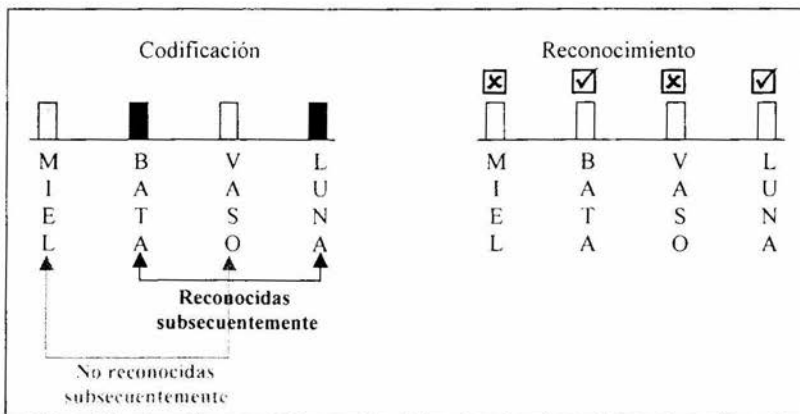


Fig 5. El efecto subsecuente de memoria. Los PRE asociados a las palabras reconocidas se comparan a los de las no reconocidas y se analiza la diferencia.

Sanquist *et al.* (1980) realizaron el primer análisis de los PRE durante la etapa de codificación en función del recuerdo posterior de los eventos. En dicho estudio, la tarea de los sujetos consistió en decidir si dos palabras eran iguales o diferentes en tamaño, rima o significado. Durante la fase de codificación, los autores encontraron un componente positivo tardío (entre 300 y 800 mseg) mayor ante las palabras que fueron reconocidas que ante las que no, pero sólo ante aquéllas presentadas en las tareas de rima y significado. Posteriormente, Paller *et al.* (1987) compararon una tarea de memoria incidental profunda (clasificación en ser viviente y comestible) y superficial (detectar vocales y orden alfabético). Sus resultados mostraron que sólo en la codificación semántica y en la detección de vocales se presentó un componente positivo, entre los 400 y 800 mseg, de mayor amplitud ante las palabras recordadas que ante las no recordadas. Este componente fue denominado complejo positivo tardío, adicionalmente, la sustracción de ambos potenciales (recordados vs. no recordados) mostró el efecto *Dm* —por su denominación en inglés: *Difference based on subsequent Memory performance*— (Paller *et al.*, 1987). Este efecto se presentó en los electrodos de la línea media y en los parietales, y fue significativamente mayor en los electrodos anteriores sólo durante la clasificación semántica. Asimismo, Paller *et al.* (1988) encontraron que dicho componente presenta mayor amplitud en el recuerdo libre que en el reconocimiento. Rugg (1985) introdujo el término de ESM para referirse a las diferencias en la amplitud asociadas al recuerdo o reconocimiento subsecuente, éste es el término que se emplea a lo largo de este documento.

El ESM se ha reportado en diversos estudios con tareas incidentales. Weyerts *et al.* (1997) solicitaron a los participantes que realizaran dos tareas: una semántica y otra asociativa. En la primera los sujetos respondieron sólo cuando los pares de palabras estaban relacionados

semánticamente, y en la segunda cuando al menos una de las palabras del par tenía relación con el color blanco. Durante el reconocimiento se evaluaron los pares que no estuvieron asociados semánticamente ni relacionados con el color blanco (*no target*). Los PRE obtenidos durante la codificación mostraron un potencial positivo mayor cuando las palabras eran recordadas que cuando no lo eran, sólo durante la tarea semántica. Este ESM se presentó entre los 200 y 1600 mseg y mostró una amplitud máxima en el electrodo frontal derecho (F4). Van Petten y Senkfor (1996) compararon los PRE durante la codificación de estímulos verbales (palabras) y no verbales (patrones de líneas) y encontraron que sólo durante la codificación de las palabras se presentó un potencial positivo (entre los 300 y 700 mseg en electrodos anteriores y centrales) que predijo el recuerdo ulterior. Los estudios citados anteriormente muestran la influencia de la presencia de un procesamiento semántico de las palabras en la aparición del ESM en tareas de memoria incidental.

El aprendizaje de estímulos a través de tareas intencionales también propicia la presencia de un potencial positivo asociado al recuerdo exitoso. Karis *et al.* (1982) registraron durante la fase de codificación un componente P300 de mayor amplitud ante las palabras recordadas en comparación con las no recordadas. Los autores asignan la denominación de P300 a este componente, sin embargo, la mayoría de los autores que han investigado el tema lo distinguen del componente P300 y lo denominan componente positivo tardío, componente positivo complejo o ESM (Paller *et al.*, 1987; Sommer, Schweinberger y Matt, 1991; Weyerts *et al.*, 1997; Van Petten y Senkfor, 1996; Rugg, 1995).

Karis *et al.* (1984) estudiaron las diferencias entre la codificación de estímulos más grandes que el resto de los mismos y encontraron que las palabras que fueron recordadas presentaron un componente positivo de mayor amplitud que las no recordadas. Sin embargo, este componente sólo se presentó en los sujetos que aprendieron de memoria (*rote*), lo cual se relacionó a una ejecución baja y a un reconocimiento mayor de los estímulos más grandes (efecto Von Restorff). Por el contrario, en los sujetos que utilizaron estrategias mnemónicas complejas el potencial positivo no predijo el reconocimiento subsecuente, y en su lugar se observó una onda lenta positiva tardía en regiones frontales (Fabiani *et al.*, 1985). Además, estos sujetos presentaron mayor porcentaje de reconocimiento y no mostraron mejor recuerdo para los estímulos más grandes. En consecuencia, los autores concluyeron que el componente positivo en regiones parietales se produce cuando se codifica "de memoria" pero no cuando se trabaja con estrategias complejas de memorización.

El ESM no sólo se presenta durante la codificación de sustantivos sino también durante la codificación de nombres propios (Fabiani, Karis y Donchin, 1986), de rostros (Sommer *et al.*, 1991) y de dibujos de objetos concretos (Friedman y Sutton, 1987). En cambio, el ESM no se ha reportado ante estímulos no semánticos como figuras sin sentido formadas por líneas (Van Petten y Senkfor, 1996) o con símbolos geométricos (Fox, Michie y Coltheart, 1990).

En los estudios anteriormente citados, el ESM se ha observado en dos topografías distintas (Wagner *et al.*, 1999). La codificación semántica ha sido asociada al ESM frontal, mientras

que la codificación perceptiva se relaciona al ESM de mayor amplitud en áreas parietales (Sanquist *et al.*, 1980; Van Petten y Senkfor, 1996).

En conclusión, se puede señalar que en los adultos jóvenes el ESM se presenta durante la realización de tareas de memoria intencional (Karis *et al.*, 1984, Fabiani, Karis y Donchin, 1990) y también durante tareas de memoria incidental (Sanquist *et al.*, 1980; Van Petten y Senkfor, 1996). Además, se relaciona con procesos de codificación semántica y se asocia a la codificación exitosa de los estímulos que tienen alta posibilidad de ser recuperados (Johnson, 1995).

En experimentos con registros intracraneales se encontró un ESM con dos componentes ante palabras presentadas visualmente (Fernández, Effern, Grunwald, Pezer, Lehnertz, Dümplemann, Van Roost y Elger, 1999). El primer componente fue negativo, se presentó entre los 400 y 500 mseg después del inicio de la palabra, fue mayor ante las palabras subsecuentemente recordadas y se originó en la corteza rinal. En la corteza entorrinal y perirrinal están las principales conexiones entre el hipocampo y la neocorteza, por lo que estos autores propusieron que éste componente estaría reflejando la riqueza del análisis semántico. El segundo componente se observó en el hipocampo y surgió después del componente observado en la corteza rinal; Fernández *et al.* (1999) propusieron que su presencia refleja el proceso de aprendizaje asociativo entre ensayo y ensayo, el cual sólo puede iniciar después de que se ha comenzado el procesamiento semántico.

Adicionalmente, registros celulares unitarios realizados en el hipocampo humano indican que la tasa de disparo neuronal en esta estructura varía durante la codificación de pares de palabras: las tasas de disparo de algunas neuronas muestran una correlación positiva y otras

una correlación negativa con el recuerdo posterior de las mismas (Mishkin, Suzuki, Gadian, y Vargha-Khadem, 1997). Por las evidencias aportadas en los trabajos de Fernández *et al.* (1999) y Mishkin *et al.* (1997) se ha postulado que el ESM registrado con PRE sobre el cuero cabelludo tiene su origen en estructuras del lóbulo temporal medial como el hipocampo y la corteza rinal.

2. Potenciales relacionados a eventos durante la codificación en adultos mayores: efecto subsecuente de memoria

El estudio de la fase de codificación en personas de edad avanzada ha sido escasamente abordado a pesar de la sensibilidad de los PRE para predecir el reconocimiento posterior. Hasta donde es de nuestro conocimiento, sólo dos estudios han investigado la codificación a través del ESM en adultos mayores. Friedman *et al.* (1996) realizaron un estudio de memoria incidental comparando un grupo de jóvenes (edad media 26.4 años) y un grupo de adultos mayores (edad media 69.8 años). Los participantes realizaron dos tareas de codificación: una semántica y otra perceptiva, en la primera los sujetos respondían cuando la palabra pertenecía a la categoría animal y en la segunda si la primera y la última letras estaban en orden alfabético. Las palabras ante las cuales los sujetos no respondieron (*no target*) durante la fase de codificación, fueron recuperadas de manera explícita (recuerdo con claves) o implícita (completamiento de palabras). El ESM sólo se presentó en los jóvenes, entre los 300 y 600 mseg, en ambas tareas de recuerdo (explícita e implícita). En cambio, en los adultos mayores el efecto no se presentó, ni siquiera durante la realización de la tarea de codificación profunda.

En un estudio posterior, Friedman y Trott (2000) investigaron en jóvenes y adultos mayores el reconocimiento explícito de pares de palabras presentadas en oraciones. El porcentaje de reconocimiento fue similar en los dos grupos (72% jóvenes y 66% adultos mayores) y el ESM se presentó tanto en los jóvenes como en los adultos mayores sin importar si acertaron o no en recordar la lista en la que se presentó el estímulo. Además, Friedman y Trott (2000) reportaron la presencia de una asimetría en la amplitud del ESM, el cual fue mayor en F3 que en F4, y fue más evidente en los jóvenes que en los adultos, sin embargo estos resultados sólo fueron marginalmente significativos ($p < .07$). Los resultados obtenidos por Friedman *et al.* (1996) son contradictorios a los obtenidos por Friedman y Trott (2000), ya que en el primer estudio el ESM se presentó en los sujetos jóvenes pero no en los adultos mayores, y en el segundo, el efecto estuvo presente en ambos grupos. En estos experimentos el estudio de la información se realizó de manera distinta, en el primero la codificación fue incidental de tipo profundo (semántica) y superficial (perceptual), mientras que en el segundo la codificación fue de tipo explícito. Friedman *et al.* (1996) indicaron que la ausencia del ESM en los adultos mayores, asociada a un recuerdo bajo, pudo deberse a que en condiciones incidentales los adultos mayores no usan espontáneamente estrategias elaboradas. En cambio, Friedman y Trott (2000) obtuvieron un porcentaje de reconocimiento y un ESM similar entre los adultos jóvenes y los adultos mayores.

El presente estudio fue diseñado con el objeto de confirmar si este efecto se presenta en ambos tipos de codificación, incidental e intencional, y observar si existen diferencias entre los adultos jóvenes y los adultos mayores. Debido a que los PRE registrados durante la codificación presentan diferencias de acuerdo al reconocimiento subsecuente, ellos son un

medio adecuado para valorar la etapa de codificación o registro de la información en la memoria.

3. Potenciales relacionados a eventos durante el reconocimiento en adultos jóvenes: efecto viejo-nuevo

En varios estudios la recuperación de la información ha sido estudiada detalladamente y se han reportado hallazgos constantes que han permitido la caracterización de la actividad electrofisiológica asociada al reconocimiento en adultos jóvenes (Rugg *et al.*, 1997; Johnson *et al.*, 1985; Rugg y Nagy, 1989; Wilding y Rugg, 1996). La recuperación de la información de la memoria se ha investigado registrando los PRE durante la realización del paradigma de reconocimiento continuo (Rugg y Nagy, 1989; Friedman *et al.*, 1993) y con el paradigma de estudio-prueba (Johnson *et al.*, 1985; Rugg y Nagy, 1989; Wilding y Rugg, 1996). El hallazgo común en estos paradigmas ha sido el efecto denominado viejo/nuevo, el cual se refiere a la disminución de una onda negativa alrededor de los 400 mseg (componente temprano) y al aumento de una onda positiva entre 500 y 800 mseg (componente tardío) en las palabras viejas reconocidas correctamente en comparación con las nuevas. Ambos componentes se han asociado a procesos distintos, el primero se asocia al acceso a la memoria semántica ya que es mayor ante las palabras nuevas (Besson, Kutas y Van Petten, 1992; Friedman, 1990); mientras que el segundo se relaciona con la activación de la memoria episódica, debido a que es mayor durante el procesamiento de palabras viejas (Friedman y Johnson, 2000; Van Petten y Senkfor, 1996). Este efecto es mayor en los electrodos posteriores y, con las palabras, tiende a presentarse con una asimetría izquierda (*v. gr.* Wilding y Rugg, 1996).

El componente negativo alcanza su amplitud máxima sobre los electrodos prefrontales y centrales izquierdos (Besson *et al.*, 1992; Friedman, 1990). Las palabras nuevas se asocian a una mayor negatividad que las palabras viejas. Este componente negativo se asocia a procesos de familiaridad que contribuyen a la memoria de reconocimiento: Smith (1993) mostró que la amplitud de este componente fue la misma independientemente de si las palabras habían sido clasificadas como conocidas (*know*) o recordadas (*remember*). Curran (2000) mostró que el componente negativo en la región prefrontal izquierda no presentó diferencias entre las palabras viejas y las palabras nuevas, las cuales eran muy similares a la primeras (palabra vieja: galleta; palabra nueva: galletas); esta evidencia apoya la idea de que dicho componente refleja el proceso de familiaridad. Las lesiones en el lóbulo temporal medial eliminan este componente temprano del efecto viejo/nuevo, por lo cual éste se ha asociado a procesos explícitos de memoria (Smith y Halgren, 1989).

El componente positivo entre los 400-800 mseg ha sido el más estudiado (Friedman y Johnson, 2000), se presenta ante las palabras viejas identificadas correctamente, ante las viejas incorrectas (errores), ante las palabras nuevas correctas (rechazos acertados) y ante las nuevas identificadas como viejas (las falsas alarmas). Sin embargo, la amplitud de este componente es modulada por el éxito en el reconocimiento o el recuerdo: ésta es mayor ante las palabras viejas recuperadas correctamente que ante las palabras nuevas correctas. Por lo anterior se propone que este componente está fuertemente asociado a la recolección (Friedman y Johnson, 2000). Además, este componente tampoco se presenta en pacientes con lesiones en el lóbulo temporal medial izquierdo o daño hipocampal bilateral (Smith y Halgren, 1989).

Los estudios anteriormente citados (Besson *et al.*, 1992; Friedman, 1990; Friedman y Johnson, 2000) muestran que el componente negativo ha sido asociado a la familiaridad y que alcanza su amplitud máxima 100 mseg antes que el componente positivo inicie, el cual se ha asociado a procesos de recolección. Estudios de pacientes con lesión en el lóbulo temporal medial muestran que ambos efectos disminuyen o están ausentes en estos sujetos (Smith y Halgren, 1989; Johnson, 1995), lo que apoya la idea de que tanto la familiaridad como la recolección son procesos de la memoria explícita. Smith y Halgren (1989) utilizaron el paradigma estudio-prueba para comparar los PRE obtenidos en pacientes a los que se les había seccionado el lóbulo temporal medial. Los autores encontraron que los sujetos con lobotomía izquierda presentaron una disminución en el efecto viejo/nuevo en comparación con sujetos con lobotomía derecha y con sujetos sanos. Además, la ausencia del efecto viejo/nuevo en los pacientes con lobotomía izquierda se relacionó con la presencia de déficits en el reconocimiento. Adicionalmente, se ha reportado que en pacientes con daño bilateral en el hipocampo (originado por isquemia o encefalitis), el efecto viejo/nuevo no se presenta, ausencia que es acompañada con un reconocimiento al nivel de azar (Johnson, 1995). En cambio, los sujetos sanos presentaron un efecto viejo/nuevo y tuvieron un nivel de reconocimiento alto. Estos resultados sugieren que las estructuras dentro del lóbulo temporal medial contribuyen directamente o a través de sus interconexiones con otras estructuras en la presencia del efecto viejo/nuevo (Smith, Stapleton y Halgren, 1986; Guillem, N'kaoua, Rougier y Claverie, 1996).

Un hallazgo similar al efecto viejo/nuevo, denominado efecto de repetición (Nagy y Rugg, 1989), se presenta cuando se emplean tareas de recuperación implícita en las cuales no hay

una intención de recordar (e.g. completamiento de palabras o decisión léxical) (Paller, Kutas y McIsaac, 1995; Curran, 1999). Paller *et al.* (1995) investigaron la recuperación incidental (decisión léxical) y la intencional (reconocimiento). En la primera se encontró el efecto de repetición, el cual consta de un componente negativo mayor ante las palabras presentadas por primera vez en comparación con las repetidas, y de un componente positivo mayor ante las palabras repetidas en comparación con las presentadas una sola ocasión; en cambio, en la tarea intencional de reconocimiento se obtuvo el efecto viejo/nuevo. Curran (1999) también comparó la recuperación intencional a través de una tarea de reconocimiento con la recuperación incidental mediante una tarea de decisión léxical. A pesar de que los estudios previos (Johnson *et al.*, 1985; Rugg y Nagy, 1989; Wilding y Rugg, 1996) han relacionado el efecto viejo/nuevo con el registro intencional de la información, Curran (1999) no encontró que dicho efecto fuera mayor durante la recuperación intencional que durante la recuperación implícita. Por el contrario, Friedman (2000) reportó que en adultos jóvenes el efecto viejo/nuevo obtenido en tareas explícitas es mayor que el efecto de repetición obtenido en las tareas implícitas. Los estudios anteriormente citados (Paller *et al.*, 1995; Curran, 1999; Friedman, 2000) emplean tareas distintas para valorar la recuperación de la información, esta diferencia consiste en si el sujeto sabe que está reconociendo (tarea explícita) o si no lo sabe (tarea implícita). Por el contrario, se han realizado escasas investigaciones (Noldy *et al.*, 1990) para explorar el efecto que ejerce el saber que se está aprendiendo (codificación intencional) o no saberlo (codificación incidental) sobre la actividad electrofisiológica registrada durante el reconocimiento posterior. Uno de esos trabajos fue realizado por Noldy *et al.* (1990), quienes evaluaron la codificación incidental e intencional de palabras e imágenes. Ellos presentaron una serie de estímulos e indicaron a los sujetos cuáles debían atender y cuáles

no. Posteriormente, un grupo tuvo que reconocer los estímulos atendidos (intencional) mientras que el otro tuvo que reconocer los estímulos no atendidos (incidental). Sus resultados mostraron que los sujetos recordaron más palabras en la condición intencional que en la incidental, además de que se presentó un aumento en el componente P600 ante las palabras viejas que ante las nuevas (efecto viejo/nuevo), sin embargo, los PRE no fueron diferentes de acuerdo a la codificación intencional e incidental.

En resumen, podemos mencionar que el reconocimiento en los adultos jóvenes se caracteriza por un aumento en el componente negativo ante las palabras nuevas en comparación de las viejas y un aumento en el componente positivo asociado a las palabras viejas en comparación de las nuevas. Este efecto se presenta en tareas de recuerdo explícito y cuando se ha evaluado la codificación de la información con paradigmas incidentales e intencionales no se han encontrado diferencias entre el reconocimiento de ambas tareas. Por último, la presencia del efecto viejo/nuevo se ha relacionado con la integridad del lóbulo temporal medial.

4. Potenciales relacionados a eventos durante el reconocimiento en adultos mayores: efecto viejo-nuevo

El efecto viejo/nuevo se presenta cuando se utiliza el paradigma de reconocimiento continuo en los adultos mayores con una topografía similar al de los adultos jóvenes, lo anterior indica que los procesos que sustentan dicho efecto no difieren entre los grupos (Friedman *et al.*, 1993). Mark y Rugg (1998) utilizaron el paradigma de estudio-prueba, presentaron los estímulos en una condición incidental (clasificación) y además de reconocer

las palabras como viejas o nuevas los sujetos indicaron si los estímulos se habían presentado en voz femenina o masculina. Los autores encontraron que el reconocimiento fue similar en ambos grupos, por arriba del 80%, y que el efecto viejo/nuevo se presentó en ambos grupos sin diferencias entre ellos. En otros estudios (Wegesin *et al.*, 2002; Friedman *et al.*, 1993), se ha reportado que aunque los adultos mayores tengan menor reconocimiento que los jóvenes, el efecto viejo/nuevo continua presentándose. Wegesin *et al.* (2002) encontraron menor cantidad de reconocimiento en los adultos mayores (83%) que en los jóvenes (92%). Sin embargo ambos grupos mostraron el efecto viejo/nuevo. Esos hallazgos son consistentes con la propuesta de algunos autores de que los procesos reflejados por el efecto viejo/nuevo que subyacen al reconocimiento episódico, están relativamente conservados con el avance de la edad (Trott *et al.*, 1997; Wegesin *et al.*, 2002; Mark y Rugg, 1998).

Joyce *et al.* (1998) compararon el reconocimiento implícito (decisión léxical) y explícito (reconocimiento) en adultos jóvenes y mayores. Emplearon una tarea de estudio incidental (crear una imagen y contar sílabas) y después realizaron una tarea de decisión léxical. Al final de 10 bloques estudio-decisión léxical, los sujetos realizaron un reconocimiento en lápiz y papel de todas las palabras presentadas. Joyce *et al.* (1998) encontraron que el reconocimiento fue mejor en los adultos jóvenes (80%) que en los mayores (67%), y que el efecto viejo/nuevo fue menor en los adultos mayores que en los jóvenes. Esta reducción del efecto en los adultos mayores, asociada a una disminución en el reconocimiento, fue interpretada por los autores como evidencia adicional de que los procesos de reconocimiento están alterados en ellos. Sin embargo, otros estudios (Wegesin *et al.*, 2002; Friedman *et al.*, 1993) han encontrado diferencias en el reconocimiento entre los jóvenes y

los mayores, pero no han encontrado que el efecto viejo/nuevo varíe, por lo que la relación entre el reconocimiento y la actividad eléctrica subyacente al efecto viejo/nuevo todavía no es clara.

Como se mencionó anteriormente, en adultos jóvenes el efecto viejo/nuevo se presenta en tareas explícitas y el efecto de repetición en las tareas implícitas. En adultos mayores sucede lo mismo, aunque en algunas ocasiones el efecto obtenido en las tareas implícitas es mayor que el obtenido en las explícitas (Rugg *et al.*, 1997; Swick y Knight, 1997). En tareas de reconocimiento implícito, se presenta un potencial positivo de amplitud mayor cuando las palabras son repetidas, el cual se mantiene relativamente intacto durante el envejecimiento. Lo anterior indica que los mecanismos encargados de la detección de la repetición (*priming*) están conservados al igual que los mecanismos cerebrales que lo sostienen (Craik, Anderson, Kerr y Li, 1995).

Se considera que el efecto viejo/nuevo refleja una recuperación automática de la información del estímulo (Schacter, 1987; Milner *et al.*, 1991; Squire, 1994; Friedman, 2000; Craik *et al.*, 1995), y debido a que en la mayoría de los experimentos reportados no se han encontrado diferencias en las características de este potencial entre jóvenes y adultos, se piensa que este tipo de recuperación está preservada en las personas mayores (Friedman *et al.*, 1993; Trott *et al.*, 1997; Mark y Rugg, 1998). Aunque hay algunos estudios que sí han reportado diferencias en el efecto viejo/nuevo entre jóvenes y mayores (Swick y Knight, 1997; Rugg *et al.*, 1997).

Aún cuando existen algunos trabajos que estudian la intención de memorizar en los adultos jóvenes (Noldy *et al.*, 1990), en los adultos mayores no se ha valorado el impacto de una codificación incidental e intencional en el reconocimiento y en los PRE asociados al mismo. Por lo tanto, el segundo objetivo del presente estudio fue observar si existen diferencias en los PRE de la fase de reconocimiento entre los adultos jóvenes y los mayores, y si estos varían de acuerdo a la tarea incidental e intencional.

En resumen, los objetivos del presente estudio fueron observar si los indicadores neurofisiológicos, en términos de PRE, presentan cambios o alteraciones en los adultos mayores en comparación de los adultos jóvenes en una tarea de memoria episódica y observar si la manera de codificar la información, incidental o intencional, influye en el nivel de reconocimiento y en los PRE registrados. La presencia de alteraciones en el ESM registrado durante la etapa de codificación indicaría que este proceso estaría afectado y esto podría explicar, al menos en parte, la existencia de las fallas de la memoria en los adultos mayores. Esta pregunta ha sido escasamente abordada con la técnica de los PRE (Friedman *et al.*, 1996; Friedman y Trott, 2000) y la evidencia reportada indica que es la codificación incidental la que está afectada. Para alcanzar estos objetivos se realizaron dos tareas estudio-prueba, una incidental donde el sujeto no sabía que posteriormente debía reconocer las palabras y otra intencional con la consigna explícita de memorizar las mismas. La tarea durante la codificación fue clasificar las palabras de acuerdo a si ellas representan objetos naturales o artificiales, ya que este tipo de codificación profunda garantiza un buen nivel de reconocimiento posterior, mientras que la consigna durante el reconocimiento fue la misma en ambas tareas: indicar si la palabra era vieja o nueva.

MÉTODO

Sujetos

Participaron 40 sujetos divididos en dos grupos de diferentes edades, un grupo de 20 adultos jóvenes (10 hombres y 10 mujeres) entre 20 y 28 años de edad, y otro grupo de 20 adultos mayores entre 60 y 76 años de edad (10 hombres y 10 mujeres). Sin embargo, se analizaron los datos de 12 sujetos por grupo en la fase de codificación (7 mujeres y 5 hombres en el grupo de adultos mayores; 6 hombres y 6 mujeres en el de los jóvenes) y de 16 sujetos por grupo en la fase de reconocimiento (9 mujeres y 7 hombres en ambos grupos) debido a que los registros electroencefalográficos contenían artefactos oculares o a que los sujetos no tuvieron suficientes respuestas incorrectas para realizar los promedios. Los sujetos firmaron un consentimiento informado y recibieron una retribución económica por su participación. Este proyecto fue aprobado por el Comité de Bioética de la Facultad de Medicina de la UNAM. Todos los participantes fueron diestros y hablantes nativos del idioma español. Para garantizar que los sujetos leyeran correctamente los estímulos se les solicitó que identificaran letras impresas en una hoja de papel, las cuales tenían el mismo tamaño que las presentadas en pantalla. Los sujetos que leyeron correctamente todas las letras a una distancia de 1 m entraron en el estudio. Asimismo, los participantes no presentaron síntomas de demencia de acuerdo a la prueba Minimental (Folstein, Folstein y McHugh, 1975), ni síntomas de depresión según el Inventario de Beck (Beck, Ward, Mendelson, Mock y Erbaugh, 1961) y presentaron un puntaje mayor a la norma en la escala verbal de la prueba Weschler (Weschler, 1981). Las características de los participantes se

muestran en la tabla 1. El puntaje en la escala de Beck resultó significativamente diferente de acuerdo a la Prueba U de Mann Whitney ($U_{30} = 64, p < .03$). En la tabla 1 se puede observar que los adultos mayores obtuvieron un mayor puntaje en la prueba de depresión que los jóvenes, sin embargo, ninguno alcanzó la calificación de 21 que es la puntuación indicativa de depresión en esta prueba.

Tabla 1. Características de los participantes (16 adultos jóvenes y 16 mayores).

	Jóvenes		Mayores	
Edad ^a	23.1	(2.9)	68	(4.7)
Escolaridad ^a	14.8	(1.9)	14.6	(3.2)
Vocabulario WAIS ^b	63	(27)	65	(28)
Dígitos Progresivos WAIS ^b	6	(5)	6	(4)
Dígitos Regresivos WAIS ^b	5	(3)	4	(3)
Dígitos Total WAIS ^b	11	(6)	10	(6)
Minimental ^b	28	(5)	29	(5)
Beck ^{b *}	2	(16)	7	(14)

^aMedia y desviación estándar entre paréntesis. Datos analizados con la prueba *t* de Student.

^bMediana y rango entre paréntesis. Datos analizados con la prueba U de Mann Whitney.

*Diferencias significativas.

Instrumentos

Escala de Vocabulario de la Prueba de Inteligencia Weschler para Adultos, WAIS

(Weschler, 1981). El WAIS es un instrumento que se utiliza para valorar el funcionamiento cognoscitivo de las personas y está dividido en dos partes: la verbal y la ejecución motora. Esta prueba se estandarizó en 1955 con un grupo de 1700 adultos de habla inglesa (edades entre 16 y 64 años y de ambos sexos). La escala de vocabulario está incluida en la parte

verbal y su tiempo de aplicación es de 10 a 30 minutos. El coeficiente de confiabilidad de toda la escala verbal es de 0.96. Se aplicó la prueba de vocabulario para incluir en el estudio a los participantes que mostraron un puntuación normal de acuerdo al establecido por la prueba ($\geq 40-46$ crudo = 10 normalizada).

Minimental (Folstein *et al.*, 1975). Esta prueba permite identificar la presencia de demencia en las personas, consta de 11 ítems y requiere de 5 a 10 minutos para su aplicación.

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 (Lezak, 1995). Pacientes que son clínicamente diagnosticados con delirio o demencia presentan puntajes menores a 24 en el 75% de los casos (Lezak, 1995). El Minimental permite discriminar entre pacientes con deficiencias cognoscitivas (moderadas y graves) y sujetos controles, además de que es sensitivo al deterioro progresivo en pacientes con demencia. Este instrumento se aplicó para detectar deficiencias cognoscitivas y aquellos sujetos que las presentaron no fueron incluidos en el estudio (puntaje ≤ 24).

Inventario de Beck Depresión (Beck *et al.*, 1961). Este instrumento valora las manifestaciones conductuales de la depresión a través de la presencia de actitudes o síntomas que son específicos de los pacientes deprimidos. El inventario se desarrolló con dos muestras de pacientes psiquiátricos, la primera con 226 sujetos (92 hombres y 134 mujeres) y la segunda con 183 (68 hombres y 115 mujeres). Los pacientes de las muestras tenían una edad entre 15 y 55 años. El tiempo requerido para su aplicación es de 5 a 15

minutos. El coeficiente de confiabilidad de la prueba es de 0.86, las comparaciones entre los puntajes del inventario y los resultados clínicos mostraron que el inventario posee alto grado de validez (Beck *et al.*, 1961). La aplicación de este instrumento permitió detectar a los sujetos con síntomas de depresión (calificación ≥ 21), quienes no fueron incluidos en la muestra.

Estímulos

Los estímulos fueron 480 sustantivos del idioma español, de 4 a 9 letras, con una frecuencia de uso (Alameda y Cuetos, 1995; Juilland y Chang-Rodríguez, 1964; García, 1953 y Morales, 1986) promedio de 68.2 por millón (DE =114.2). El 50% de las palabras representaron objetos o fenómenos naturales (e.g. luna, flor) y el resto fueron objetos artificiales, es decir, creados por el hombre (e.g. iglesia, ventana). La mitad de las palabras se emplearon en la tarea de memoria incidental y la otra mitad en la de memoria intencional. Los estímulos se proyectaron en un monitor de computadora, en letras mayúsculas de color gris oscuro sobre un fondo claro con un contraste moderado. Su ángulo visual vertical fue de 0.6° y el ángulo horizontal entre 2.1 y 4.9°. La presentación de los estímulos y la captura de los datos se realizó con el software E-Prime v. 1.

Procedimiento

Cada participante asistió a dos sesiones, en la primera el sujeto fue entrevistado sobre su estado de salud y se le aplicaron las pruebas de selección; la duración de esta sesión fue de alrededor de 60 minutos. En la segunda sesión los sujetos realizaron una tarea incidental seguida por una intencional mientras se registraba la actividad electroencefalográfica dentro

de una cámara de Faraday sonoamortiguada. Esta sesión duró alrededor de 180 minutos y se inició con la colocación de la gorra con electrodos. Después, el sujeto se sentó en una silla de respaldo alto a un metro de un monitor de computadora, colocó sus dedos índice y medio derechos sobre el botón 1 y 2 de la caja de respuesta. Se le solicitó al sujeto que durante la tarea permaneciera sin moverse, que tratará de estar relajado y que evitará parpadear cuando se presentaran las palabras, se le indicó que podía parpadear suavemente solamente después de haber proporcionado su respuesta, antes de que se presentará la siguiente palabra. En cada una de las tareas, incidental e intencional, hubo una fase de codificación y otra de reconocimiento; durante la primera se presentaron 120 palabras, mientras que en la de reconocimiento se presentaron esas mismas palabras mezcladas con una cantidad igual de palabras nuevas. En ambas fases, cada ensayo inició con la presentación de un asterisco como punto de fijación durante 2 seg, 0.5 seg después se presentó el estímulo durante 0.3 seg. El sujeto contó con un lapso de 3 seg, a partir del inicio del estímulo, para proporcionar su respuesta. En la tarea incidental, durante la codificación, los participantes clasificaron las palabras en naturales y artificiales sin tener conocimiento de que posteriormente tendrían que reconocer esas palabras. En cambio, en la tarea intencional los sujetos realizaron la misma tarea de clasificación y, adicionalmente, fueron notificados que después realizarían una fase de reconocimiento. Durante la fase de reconocimiento de ambas tareas, los sujetos indicaron si las palabras se habían presentado en la fase previa (viejas) o no (nuevas). El intervalo entre las fases, codificación y reconocimiento, fue de 5 minutos.

Registro

Los PRE se registraron en la etapa de codificación y en la de reconocimiento a través de una gorra (QuikCap, Neuroscan) con 28 electrodos de plata sinterizados (FZ, FCZ, CZ, CPZ, PZ, OZ, F3, FC3, C3, CP3, P3, O1, F4, FC4, C4, CP4, P4, O2, F7, FT7, T7, TP7, P7, F8, FT8, T8, TP8 y P8) con referencia mastoidea (M1 y M2) y con un electrodo en la parte alta de la frente como tierra. El electrooculograma (EOG) se registró con dos electrodos, uno colocado en la porción lateral del ojo derecho y otro en la región supraorbital del ojo izquierdo. El EEG y el EOG se registraron con una banda de 0.1 a 100 Hz, con un filtro de bloqueo para 60 Hz y con una tasa de muestreo de 512 Hz. Fuera de línea, se empleó un filtro pase bajo de 20 Hz con 24 dB de atenuación. El registro se realizó con el Sistema de Adquisición de Neurodatos Modelo 12 de Grass. La ganancia del EEG fue de 20,000 y la del EOG de 10,000. La impedancia de todos los electrodos fue menor a 5 k Ω .

Obtención de los potenciales relacionados a eventos

La duración de las épocas fue 1.2 seg e iniciaron 0.2 seg antes de la presentación del estímulo. Éstas se inspeccionaron visualmente y se excluyeron aquellas que presentaron artefactos. Se obtuvieron los PRE de la fase de codificación en función del reconocimiento subsecuente: un promedio para las palabras ulteriormente reconocidas y otro para las no reconocidas. Sólo se incluyeron las palabras que fueron correctamente clasificadas durante la fase de codificación y el número de épocas incluidas en cada promedio fue de 20.9 (DE = 5.5). Se midió la amplitud media en las siguientes latencias: entre los 80 y 250 mseg, entre los 250 y 450 mseg y entre los 450 y 800 mseg. La amplitud media es el promedio de la

amplitud alcanzada por cada uno de los puntos comprendidos en un intervalo de tiempo con respecto a 200 mseg de línea base previos a la presentación del estímulo. Para la fase de reconocimiento se realizaron dos promedios de acuerdo al tipo de ensayo: palabras viejas correctas y nuevas correctas. El número de épocas incluidas en cada promedio fue de 37.8 (DE = 10.4). Se midió la amplitud media en las siguientes latencias: entre los 100 y 300 mseg, entre los 300 y 500 mseg y entre los 500 y 800 mseg. Los intervalos en los que se midió la amplitud media se eligieron después de realizar una inspección visual del gran promedio y observar las temporalidades en las cuales se presentaron los componentes. Adicionalmente, en el caso del ESM y del efecto viejo/nuevo estos intervalos coincidieron con las ventanas de tiempo analizadas en otros estudios.

Análisis de Datos

Para el análisis de los datos conductuales se realizaron análisis de varianza (ANOVAs) mixtos. Las respuestas correctas durante la codificación se analizaron mediante un diseño que incluyó los factores grupo (jóvenes-mayores) y tarea (incidental-intencional). Los tiempos de reacción (TR) se analizaron mediante los factores grupo, tarea y ejecución (correctas e incorrectas en la clasificación natural-artificial).

En la fase de reconocimiento el diseño para el análisis de las respuestas correctas fue grupo, tarea, palabra (vieja-nueva) y para los TR los factores fueron grupo, tarea, palabra, ejecución (correcta e incorrecta en el reconocimiento). Asimismo, se calculó el índice de discriminación P_r y el índice de tendencia B_r para medir la ejecución en la prueba de reconocimiento de acuerdo al "modelo de dos umbrales altos" (Snodgrass y Corwin, 1988; *Two high threshold model*). Este modelo propone una medida simple de discriminación que

se obtiene restando las falsas alarmas de los éxitos ($P_r = E - FA$), donde 0 es igual a una respuesta al azar y 1 es el índice de una discriminación totalmente exacta. Adicionalmente, el índice de tendencia ($B_r = FA/[1 - (E - FA)]$) muestra la probabilidad de decir “sí” a un ítem cuando se está en un estado incierto. Las falsas alarmas ocurren cuando el sujeto falla en reconocer un ítem como nuevo o cuando el sujeto está incierto de su respuesta pero contesta “sí”. Un valor de B_r igual a 0.5 indica una tendencia neutral, un valor mayor que 0.5 indica una tendencia liberal, y un valor menor de 0.5 indica una tendencia conservadora. Este modelo para la corrección de los “aciertos por azar” es empleado muy frecuentemente en estudios de memoria de reconocimiento (e.g. Mark y Rugg, 1998; Mitchell, 1989). Snodgrass y Corwin (1988) mostraron que ambos índices poseen la cualidad de ser independientes uno de otro, y que el índice P_r arroja resultados similares al índice d' del modelo de detección de señales. Ambos índices fueron analizados mediante el diseño que incluyó los factores grupo por tarea.

Todos los datos de amplitud media de los PRE se analizaron con ANOVAs mixtos y se realizaron análisis por separado para los electrodos centrales y para los laterales. Para los datos de la codificación en los electrodos centrales se emplearon los factores grupo, tarea, reconocimiento subsecuente (reconocidas-no reconocidas) y electrodo (FZ, FCZ, CZ, CPZ, PZ y OZ). Para las derivaciones laterales el diseño fue grupo, tarea, reconocimiento subsecuente, hemisferio (izquierdo-derecho) y electrodo (F3/4, F7/8, FC3/4, FT7/8 C3/4, T7/8, CP3/4, TP7/8, P3/4, P7/8 y O1/2). Para el análisis de la fase de reconocimiento en los electrodos centrales el diseño incluyó los factores grupo, tarea, tipo de ensayo (palabras viejas correctas y nuevas correctas) y electrodo (FZ, FCZ, CZ, CPZ, PZ y OZ). Para las derivaciones laterales el diseño fue grupo, tarea, tipo de ensayo, hemisferio (izquierdo-

66

derecho) y electrodo (F3/4, F7/8, FC3/4, FT7/8 C3/4, T7/8, CP3/4, TP7/8, P3/4, P7/8 y O1/2). Los resultados de los ANOVAs fueron corregidos con el método de Greenhouse y Geisser (Jennings y Wood, 1976). Cuando los resultados fueron corregidos se reportan los grados de libertad sin corrección, la probabilidad corregida y el valor de epsilon (ϵ). Los resultados fueron significativos a un nivel de probabilidad $< .05$. La prueba *post hoc* de Honestidad de Tukey se empleó para explorar las interacciones significativas intra sujetos y la prueba *t* con corrección de Bonferroni para analizar las interacciones que incluyen factores intra sujetos y entre grupos.

RESULTADOS

Resultados Conductuales

Codificación

En la tabla 2 se muestran los resultados conductuales. La ejecución correcta estuvo entre el 90 y 95 %. El ANOVA reveló que el número de respuestas no fue significativamente diferente entre los grupos. En el análisis de los TR el factor ejecución resultó significativo ($F_{1,30} = 45.5, p < .001$). El análisis *post hoc* mostró que el tiempo para proporcionar las respuestas fue mayor cuando éstas eran incorrectas (Media \pm EE: 1350 mseg \pm 59) que correctas (1064 mseg \pm 28), esto fue igual para ambos grupos en las dos tareas.

Tabla 2. Media de la ejecución (%) y de los tiempos de reacción (mseg) en la fase de codificación y de reconocimiento. Desviación estándar entre paréntesis.

	Jóvenes		Mayores	
	Incidental	Intencional	Incidental	Intencional
Codificación				
Correctas	95.2 (3.5)	92.5 (5)	89.5 (12.1)	94.9 (3.8)
TR correctas	989 (154)	1011 (175)	1122 (212)	1134 (160)
TR incorrectas	1300 (496)	1304 (340)	1453 (381)	1343 (331)
Reconocimiento				
Viejas Correctas	81.9 (7.5)	84.9 (6.3)	67.4 (14.5)	70.5 (15.5)
Nuevas Correctas	85.4 (9.9)	79.9 (15.3)	79.2 (12.4)	74.3 (12.7)
TR viejas correctas	1011 (131)	937 (113)	1235 (203)	1158 (165)
TR viejas incorrectas	1201 (251)	1263 (235)	1394 (251)	1404 (279)

Reconocimiento

El ANOVA reveló que el número de respuestas correctas fue diferente de acuerdo al factor grupo ($F_{1,30} = 22.3, p < .001$). Los adultos jóvenes (83 ± 1.5) tuvieron mayor número de respuestas correctas que los mayores (72.9 ± 1.5).

En la tabla 3 se muestran las medias de los índices de discriminación y tendencia para los dos grupos en las dos tareas. El ANOVA indicó que el índice de discriminación fue diferente entre grupos ($F_{1,30} = 22.3, p < .001$) ya que en los adultos jóvenes la discriminación fue mayor ($0.7 \pm .03$) que en los adultos mayores ($0.5 \pm .03$). Por el contrario el índice de tendencia no difirió entre grupos pero si fue diferentes entre tareas ($F_{1,30} = 7.96, p = .008$). En la tarea incidental todos los participantes fueron más conservadores ($0.4 \pm .04$) mientras que en la intencional presentaron una tendencia más neutral ($0.5 \pm .04$).

Tabla 3. Media de los índices P_r y B_r .

	Jóvenes		Mayores	
	Incidental	Intencional	Incidental	Intencional
Índice de discriminación P_r				
	.67 (.11)	.65 (.14)	.47 (.14)	.45 (.14)
Índice de tendencia B_r				
	.42 (.20)	.51 (.23)	.40 (.20)	.47 (.19)

El análisis del tiempo de reacción mostró tres resultados significativos: el factor grupo ($F_{1,30} = 10.33$, $p = .003$), el factor ejecución ($F_{1,30} = 56.78$, $p < .001$) y la interacción palabra por ejecución ($F_{1,30} = 5.67$, $p = .024$). Los adultos jóvenes ($1109 \text{ mseg} \pm 42$) presentaron tiempos de reacción más rápidos que los adultos mayores ($1298 \text{ mseg} \pm 42$), los tiempos de reacción fueron más rápidos en las respuestas correctas ($1127 \text{ mseg} \pm 25$) que en las incorrectas ($1280 \text{ mseg} \pm 36$) y en la interacción palabra por ejecución, la prueba *post hoc* mostró que las palabras viejas incorrectas tuvieron un tiempo de reacción más largo ($1316 \text{ mseg} \pm 39$) que las palabras viejas correctas ($1085 \text{ mseg} \pm 25$); mientras que en las palabras nuevas no hubo diferencias entre las respuestas correctas ($1168 \text{ mseg} \pm 33$) e incorrectas ($1244 \text{ mseg} \pm 42$).

Resultados Fisiológicos

Codificación

En la figura 6 se muestran los PRE obtenidos en los electrodos centrales de los jóvenes y los adultos mayores durante la codificación incidental e intencional, en las figuras 7 y 9 se muestran los electrodos izquierdos y en las figuras 8 y 10 los electrodos derechos.

Componente positivo entre 80 y 250 mseg

En los electrodos centrales ($F_{1,22} = 5.84$, $p = .02$) y laterales ($F_{1,22} = 5.32$, $p = .03$) este componente fue mayor en los adultos jóvenes (centrales: $1.6 \pm 0.3 \mu\text{V}$; laterales: $1.2 \pm 0.2 \mu\text{V}$) que en los mayores (centrales: $0.6 \mu\text{V} \pm 0.3$; laterales: $0.6 \mu\text{V} \pm 0.2$),

independientemente de la tarea y del reconocimiento subsecuente. Asimismo, en los electrodos centrales ($F_{1,22} = 7.55, p = .01$) y laterales ($F_{1,22} = 10.47, p = .004$) la amplitud de este componente ante las palabras no reconocidas subsecuentemente (centrales: $0.9 \mu V \pm 0.2$; laterales: $0.7 \mu V \pm 0.2$) difirió de la de las reconocidas subsecuentemente (centrales: $1.3 \mu V \pm 0.2$; laterales: $1.2 \mu V \pm 0.2$), independientemente del grupo y de la tarea.

Componente negativo entre 250 y 450 mseg

Los electrodos centrales ($F_{1,22} = 16.08, p = .001$) y laterales ($F_{1,22} = 12.77, p = .002$) presentaron diferencias significativas de acuerdo al reconocimiento subsecuente. Las palabras no reconocidas subsecuentemente se asociaron a una menor amplitud (centrales: $-0.02 \mu V \pm 0.2$; laterales: $0.2 \mu V \pm 0.2$) que las palabras reconocidas subsecuentemente (centrales: $0.7 \mu V \pm 0.2$; laterales: $0.9 \mu V \pm 0.2$). Además, en los electrodos centrales la interacción reconocimiento subsecuente por electrodo resultó significativa ($F_{5,110} = 3.4, p = .04, \epsilon = .4$). La prueba Tukey indicó que la diferencia de amplitud ante las palabras reconocidas y no reconocidas subsecuentemente se presentó en todos los electrodos excepto OZ (Tabla 4).

Tabla 4. Media de la amplitud μV (error estándar entre paréntesis) en los electrodos centrales de acuerdo al reconocimiento subsecuente en el componente negativo entre 250-450 mseg. *Diferencias significativas.

Electrodo	Reconocidas subsecuentemente	No reconocidas subsecuentemente
Fz*	1.7 (0.4)	0.7 (0.4)
Fcz*	0.7 (0.3)	- 0.2 (0.3)
Cz*	0.7 (0.3)	- 0.2 (0.3)
CPz*	0.8 (0.3)	0.3 (0.3)
Pz*	1.3 (0.4)	0.7 (0.1)
Oz	-1.0 (0.4)	- 1.4 (0.6)

Componente positivo entre 450 y 800 mseg

En los electrodos laterales el factor grupo resultó significativo ($F_{1,22} = 6.17, p = .02$). La amplitud de este componente fue mayor en los adultos jóvenes ($1.4 \mu V \pm 0.4$) que en los adultos mayores ($-0.1 \mu V \pm 0.4$). La interacción grupo por electrodo también fue significativa ($F_{10,220} = 3.3, p = .04, \epsilon = .2$), la prueba *t* para grupos independientes mostró que esta diferencia entre adultos jóvenes ($2.9 \mu V \pm 0.5$) y mayores ($0.4 \mu V \pm 0.5$) fue significativa en F7/8 ($t_{22} = 3.49, p = .002$). En los electrodos centrales el factor tarea ($F_{1,22} = 5.66, p = .03$) y la interacción tarea por electrodo ($F_{5,110} = 4.55, p = .02, \epsilon = .4$) fueron significativos. El análisis *post hoc* indicó que en la tarea intencional se observó una mayor amplitud que en la tarea incidental en los electrodos FZ, FCZ y CZ. El factor reconocimiento subsecuente resultó significativo en los electrodos centrales ($F_{1,22} = 11.79, p = .002$) y laterales ($F_{1,22} = 7.81, p = .011$). Las palabras reconocidas subsecuentemente generaron mayor amplitud (centrales: $1.2 \mu V \pm 0.4$; laterales: $1.0 \mu V \pm 0.3$) que no las reconocidas subsecuentemente (centrales: $0.6 \mu V \pm 0.4$; laterales: $0.3 \mu V \pm 0.3$).

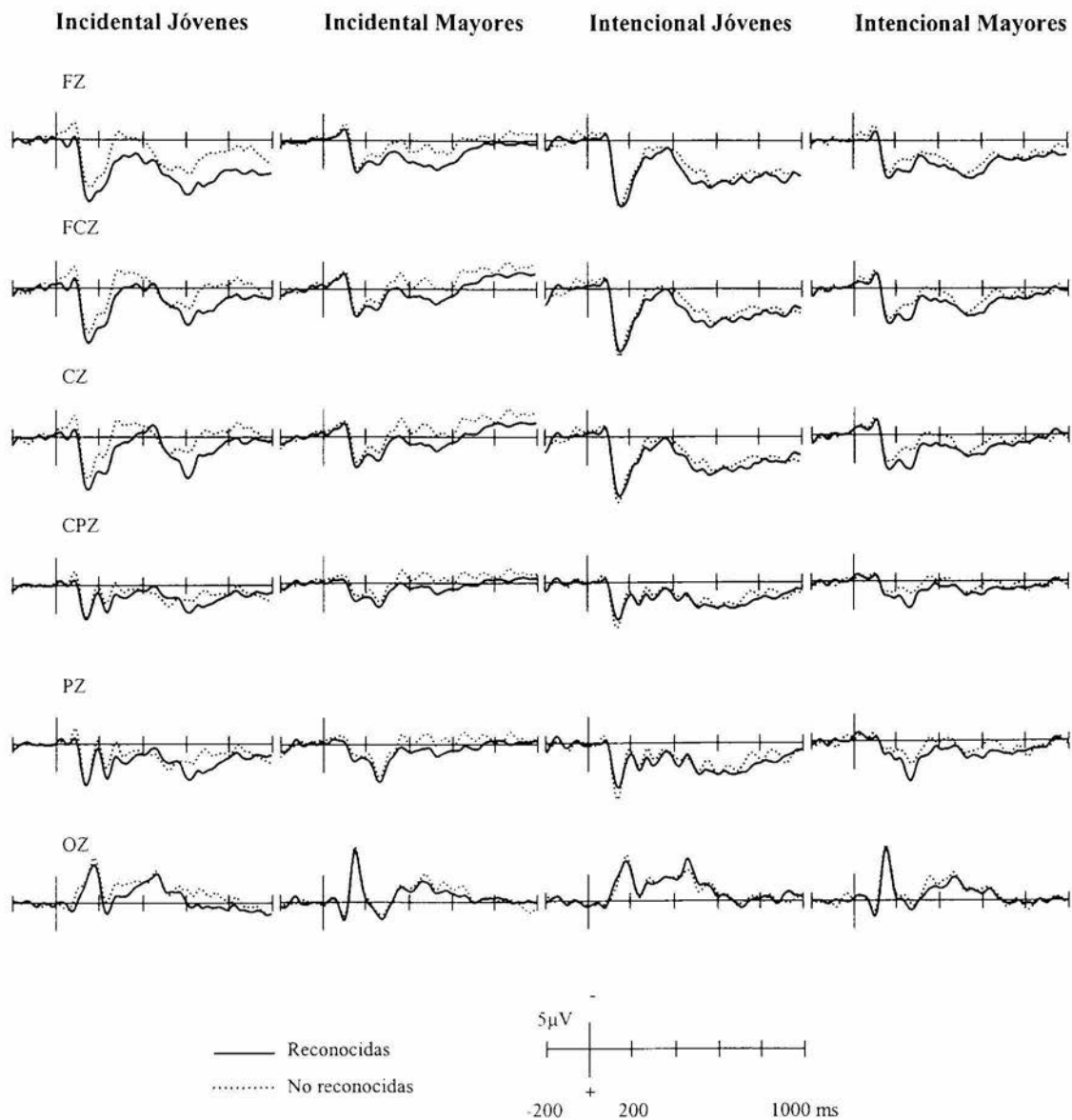


Fig 6. Potenciales relacionados de las derivaciones centrales durante la codificación.

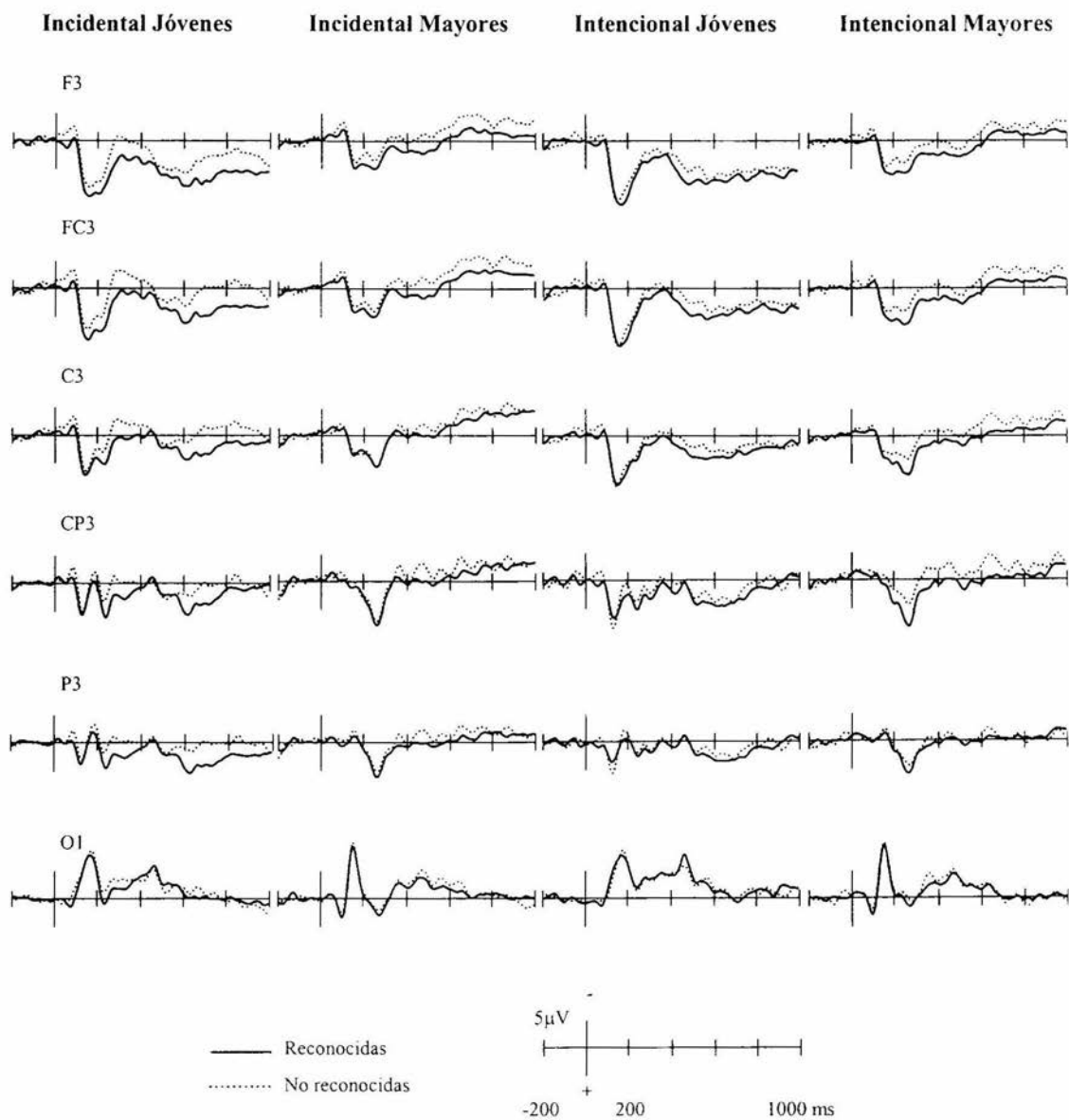


Fig 7. Potenciales relacionados de seis derivaciones izquierdas (F3, FC3, C3, CP3, P3 y O1) durante la codificación.

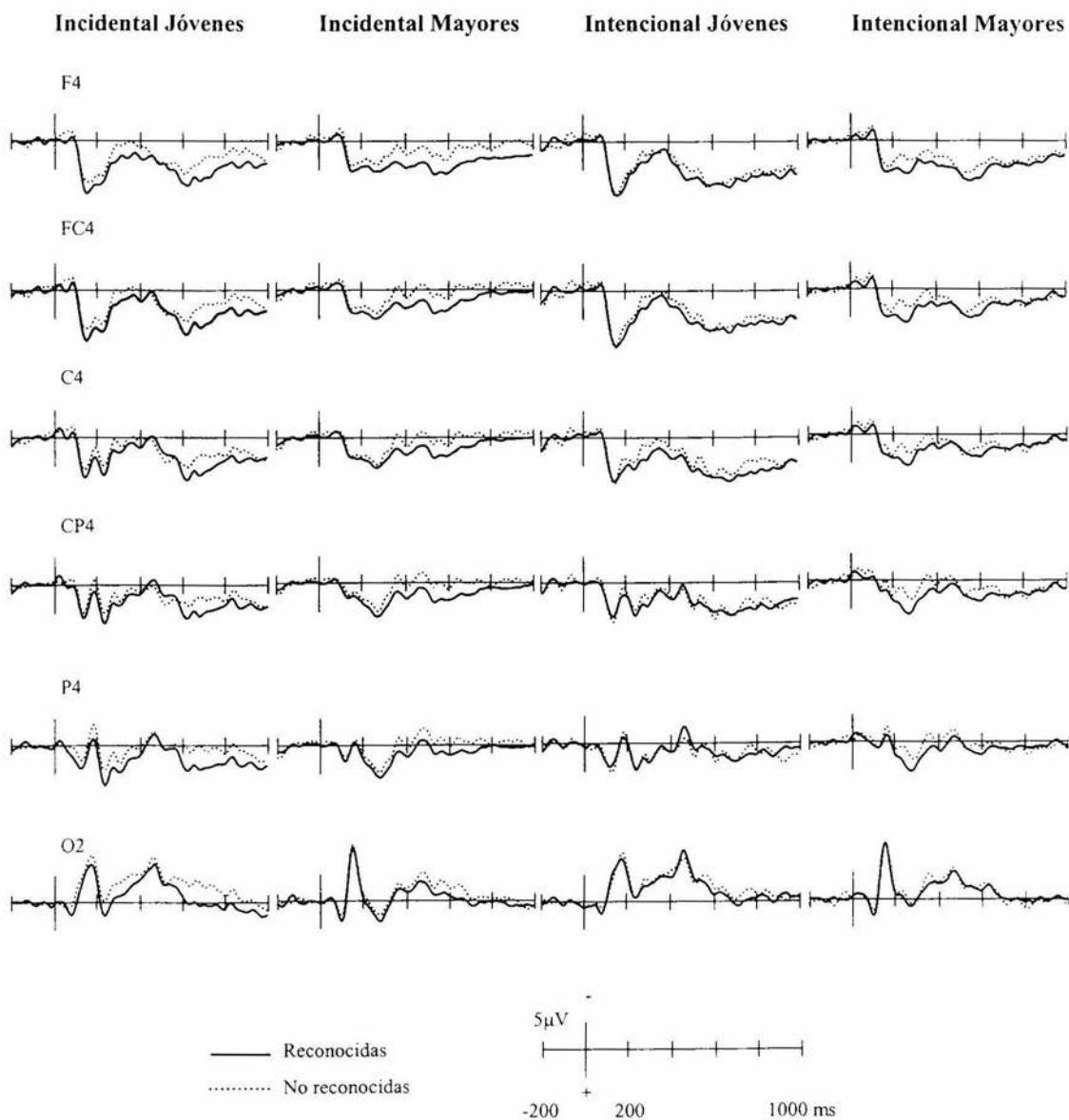


Fig 8. Potenciales relacionados de seis derivaciones derechas (F4, FC4, C4, CP4, P4 y O2) durante la codificación.

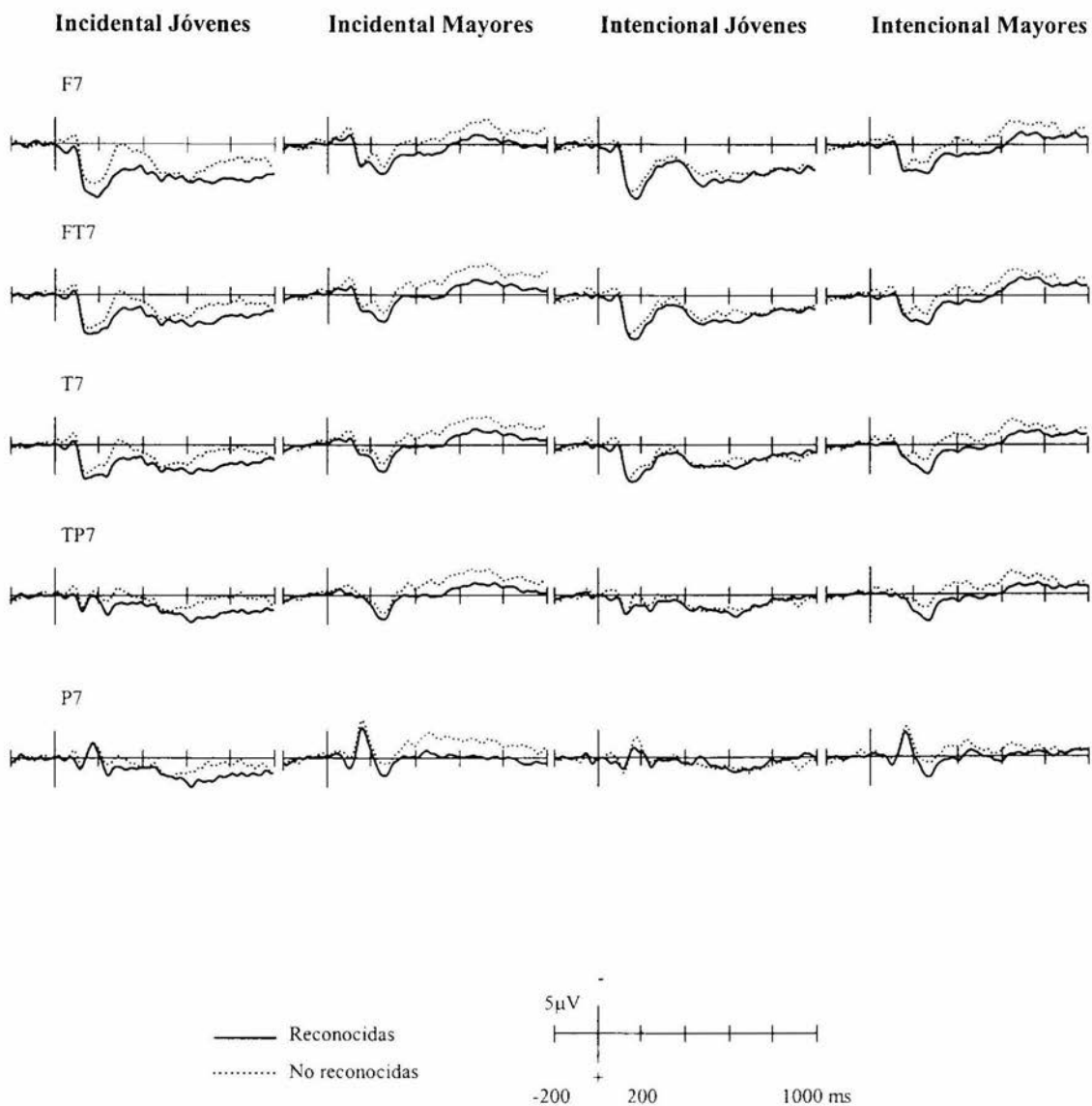


Fig 9. Potenciales relacionados de cinco derivaciones izquierdas (F7, FT7, T7, TP7 y P7) durante la codificación.

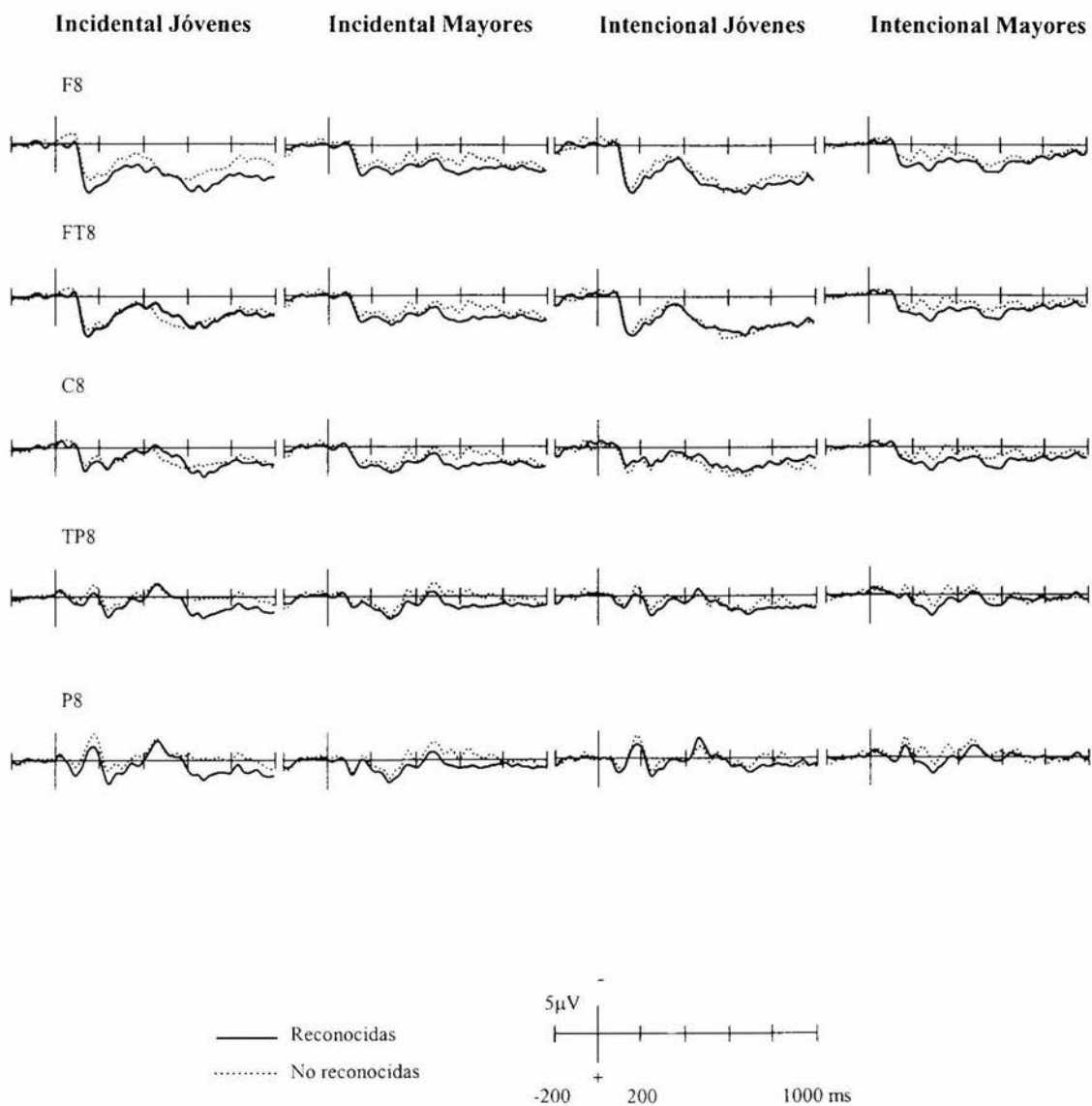


Fig 10. Potenciales relacionados de cinco derivaciones derechas (F8, FT8, C8, TP8 y P8) durante la codificación.

Reconocimiento

En la figura 11 se muestran los PRE obtenidos en los electrodos centrales de los jóvenes y los adultos mayores durante el reconocimiento en la tarea incidental e intencional, en las figuras 12 y 14 se muestran los electrodos izquierdos y en las figuras 13 y 15 los electrodos derechos.

Componente positivo entre 100 y 300 mseg

En los electrodos laterales el factor tipo de ensayo resultó significativo ($F_{1,30} = 11.20, p = .002$): los PRE ante las palabras viejas correctas ($1.3 \mu V \pm 0.2$) fueron más positivos que ante las palabras nuevas correctas ($0.1 \mu V \pm 0.2$). Tanto en los electrodos centrales ($F_{5,150} = 5.66, p = .011, \epsilon = 0.3$) como en los laterales ($F_{10,300} = 6.94, p = .002, \epsilon = 0.2$), la interacción grupo por electrodo también resultó significativa. La prueba *t* para grupos independientes mostró que en los electrodos centrales sólo OZ ($t_{30} = -3.1, p = 0.004$) fue significativamente mayor en los jóvenes ($-2.83 \mu V \pm 0.5$) que en los mayores ($-0.67 \mu V \pm 0.5$), mientras que en los electrodos laterales la amplitud fue mayor en los jóvenes ($-3.0 \mu V \pm 0.5$) que en los mayores ($-0.40 \mu V \pm 0.5$) en O1/2 ($t_{30} = -3.5, p = 0.002$).

Componente negativo entre los 300 y 500 mseg

El factor tipo de ensayo resultó significativo en los electrodos centrales ($F_{1,30} = 43.17, p < .001$) y en los laterales ($F_{1,30} = 32.05, p < .001$), la amplitud fue menor ante las palabras nuevas correctas que ante las viejas correctas. En los electrodos centrales resultaron

significativos el factor tarea ($F_{1,30} = 9.95$, $p = .004$) y la interacción tarea por electrodo ($F_{5,150} = 7.93$, $p = .001$, $\epsilon = 0.4$). En la tarea incidental ($0.2 \mu V \pm 0.3$) la amplitud fue menor que en la intencional ($0.8 \mu V \pm 0.3$). La prueba *post hoc* mostró que en los electrodos FCZ, CZ y CPZ la amplitud fue menor en la tarea incidental ($0.5 \mu V \pm 0.4$, $0.4 \mu V \pm 0.4$ y $0.4 \mu V \pm 0.3$, respectivamente) que en la intencional ($1.5 \mu V \pm 0.5$, $1.4 \mu V \pm 0.4$ y $1.0 \mu V \pm 0.3$, respectivamente). En los electrodos laterales la interacción tarea por electrodo también resultó significativa ($F_{10,300} = 5.41$, $p = .003$, $\epsilon = 0.3$) ya que en FC3/4, C3/4 y P3/4 la amplitud fue menor en la tarea incidental ($0.8 \mu V \pm 0.4$, $0.4 \mu V \pm 0.3$ y $0.2 \mu V \pm 0.4$, respectivamente) que en la intencional ($1.3 \mu V \pm 0.4$, $1.0 \mu V \pm 0.4$ y $0.7 \mu V \pm 0.4$, respectivamente).

Componente positivo entre los 500 y 800 msec

En los electrodos centrales ($F_{1,30} = 19.26$, $p < .001$) y laterales ($F_{1,30} = 13.03$, $p = .001$) el tipo de ensayo resultó significativo. Este componente fue mayor ante las palabras viejas correctas (centrales: $2.2 \mu V \pm 0.4$; laterales: $1.5 \mu V \pm 0.3$) que ante las nuevas correctas (centrales: $1.5 \mu V \pm 0.4$; laterales: $0.9 \mu V \pm 0.3$). La interacción tipo de ensayo por electrodo resultó significativa en los electrodos centrales ($F_{5,150} = 5.84$, $p = .009$, $\epsilon = 0.32$). El análisis *post hoc* reveló que la amplitud fue mayor ante las palabras viejas correctas que ante las nuevas correctas en todos los electrodos a excepción de OZ (Tabla 5).

Tabla 5. Media de la amplitud μV (error estándar entre paréntesis) de los electrodos centrales en el componente positivo entre 500 y 800 mseg ante las palabras viejas correctas y nuevas correctas. *Diferencias significativas.

Electrodos	Viejas correctas		Nuevas incorrectas	
Fz*	3.7	(0.7)	2.7	(0.6)
FCz*	3.0	(0.5)	2.0	(0.5)
Cz*	3.0	(0.5)	2.0	(0.5)
CPz*	2.0	(0.4)	1.5	(0.3)
Pz*	2.0	(0.5)	1.4	(0.4)
Oz	-0.3	(0.4)	-0.6	(0.4)

En los electrodos centrales este componente fue diferente de acuerdo a la tarea ($F_{1,30} = 8.24, p = .007$), la amplitud fue mayor en la tarea intencional ($2.3 \mu\text{V} \pm 0.4$) que en la incidental ($1.4 \mu\text{V} \pm 0.4$). En los electrodos centrales ($F_{5,150} = 10.20, p < .001, \epsilon = 0.42$) y laterales ($F_{10,300} = 7.61, p < .001, \epsilon = 0.32$) la interacción tarea por electrodo fue significativa. La amplitud fue mayor en la tarea intencional que en la incidental en todos los electrodos de la línea media a excepción de OZ y en los laterales en los electrodos F3/4, FC3/4, C3/4, CP3/4 y P3/4 (Tabla 6).

Tabla 6. Media de la amplitud μV (error estándar entre paréntesis) de los electrodos centrales y laterales en el componente positivo entre 500 y 800 mseg de acuerdo a la tarea incidental e intencional. *Diferencias significativas.

	Centrales				Laterales				
	Incidental		Intencional		Incidental		Intencional		
Fz*	2.8	(0.6)	3.6	(0.7)	F3/4*	2.3	(0.6)	2.8	(0.7)
FCz*	1.8	(0.5)	3.2	(0.5)	F7/8	1.9	(0.6)	2.3	(0.6)
Cz*	1.8	(0.5)	3.1	(0.6)	FC3/4*	1.6	(0.4)	2.4	(0.5)
CPz*	1.3	(0.4)	2.1	(0.4)	FT7/8	1.2	(0.3)	1.3	(0.4)
Pz*	1.3	(0.5)	2.1	(0.5)	C3/4*	1.3	(0.4)	2.3	(0.5)
Oz	-0.4	(0.4)	-0.5	(0.4)	T7/8	0.8	(0.3)	1.1	(0.4)
					CP3/4*	1.3	(0.4)	2.1	(0.5)
					TP7/8	0.5	(0.3)	0.7	(0.3)
					P3/4*	0.7	(0.4)	1.1	(0.4)
					P7/8	0.4	(0.3)	0.4	(0.4)
					O1/2	-0.6	(0.4)	-0.8	(0.4)

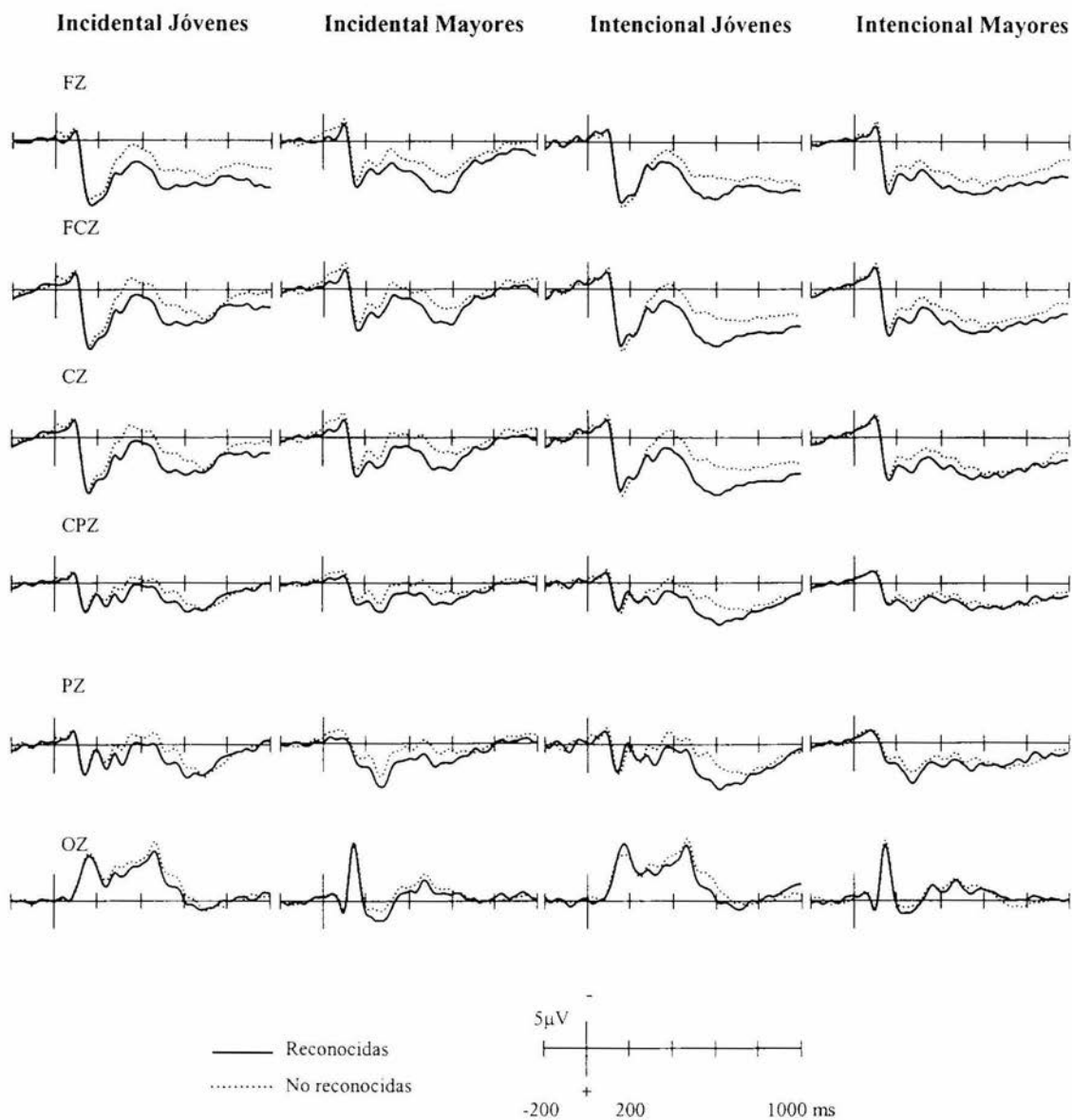


Fig 11. Potenciales relacionados de las derivaciones centrales (FZ, FCZ, CZ, CPZ, PZ y OZ) durante el reconocimiento.

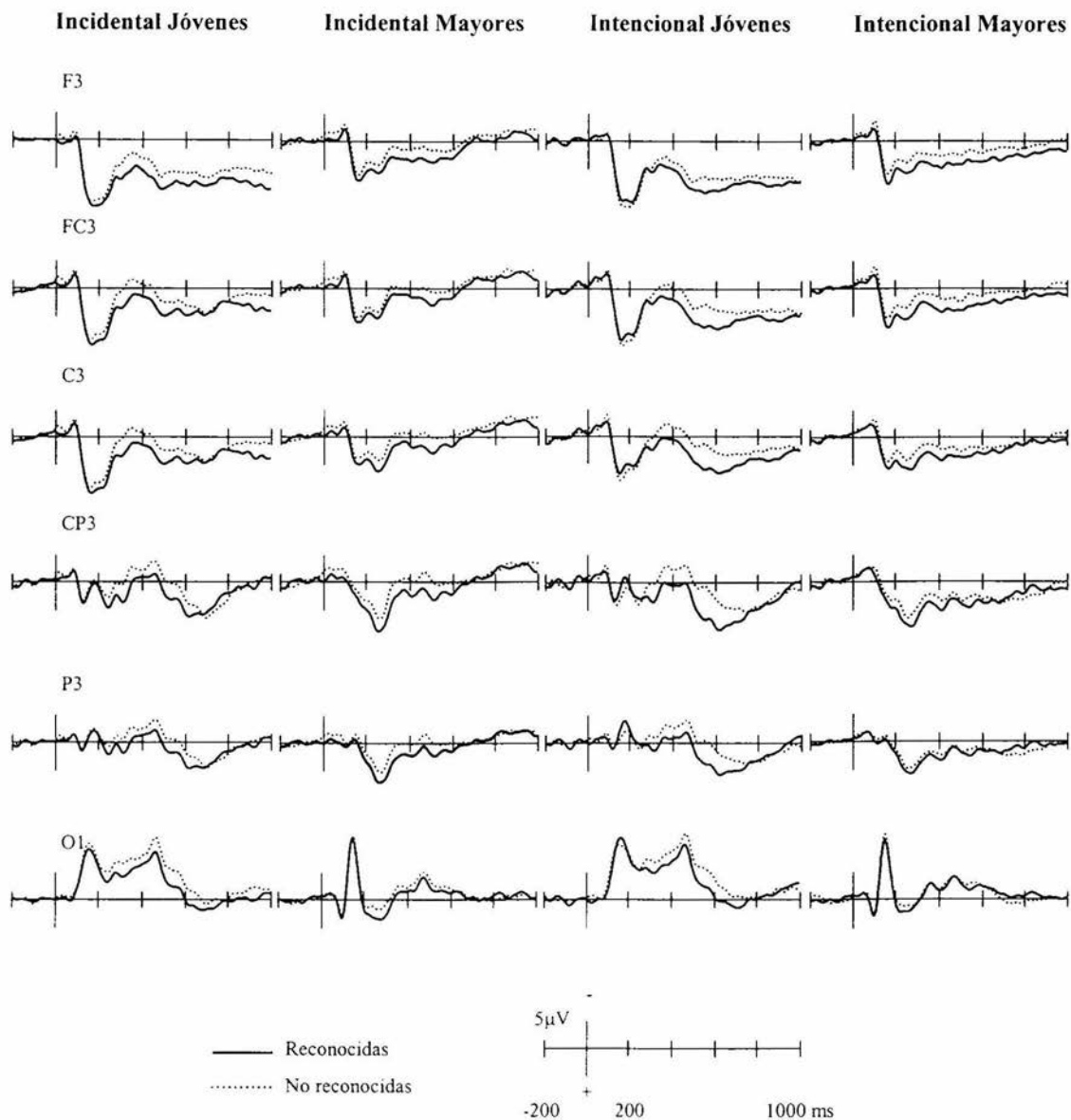


Fig 12. Potenciales relacionados de seis derivaciones izquierdas (F3, FC3, C3, CP3, P3 y O1) durante el reconocimiento.

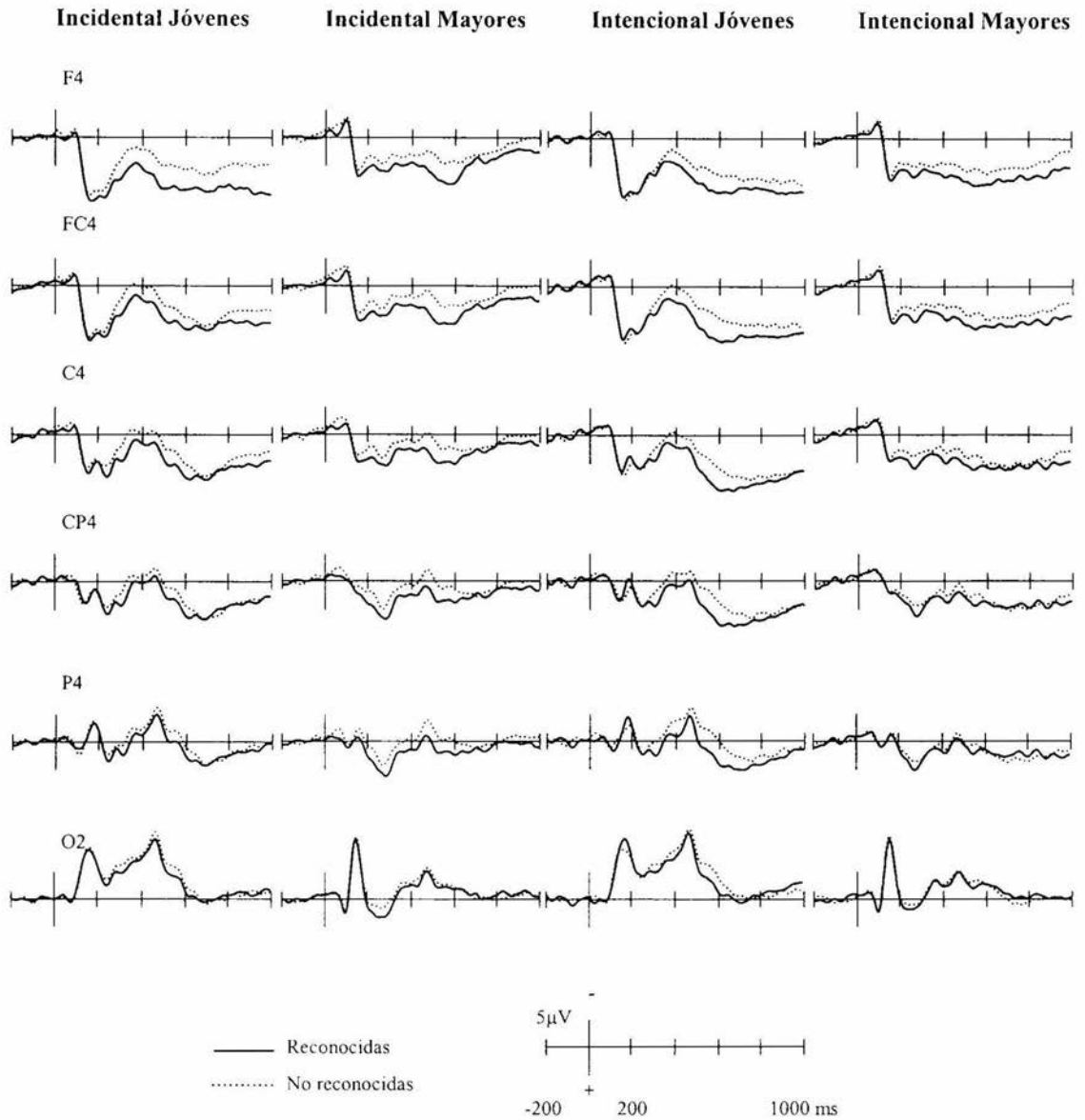


Fig 13. Potenciales relacionados de seis derivaciones derechas (F4, FC4, C4, CP4, P4 y O2) durante el reconocimiento.

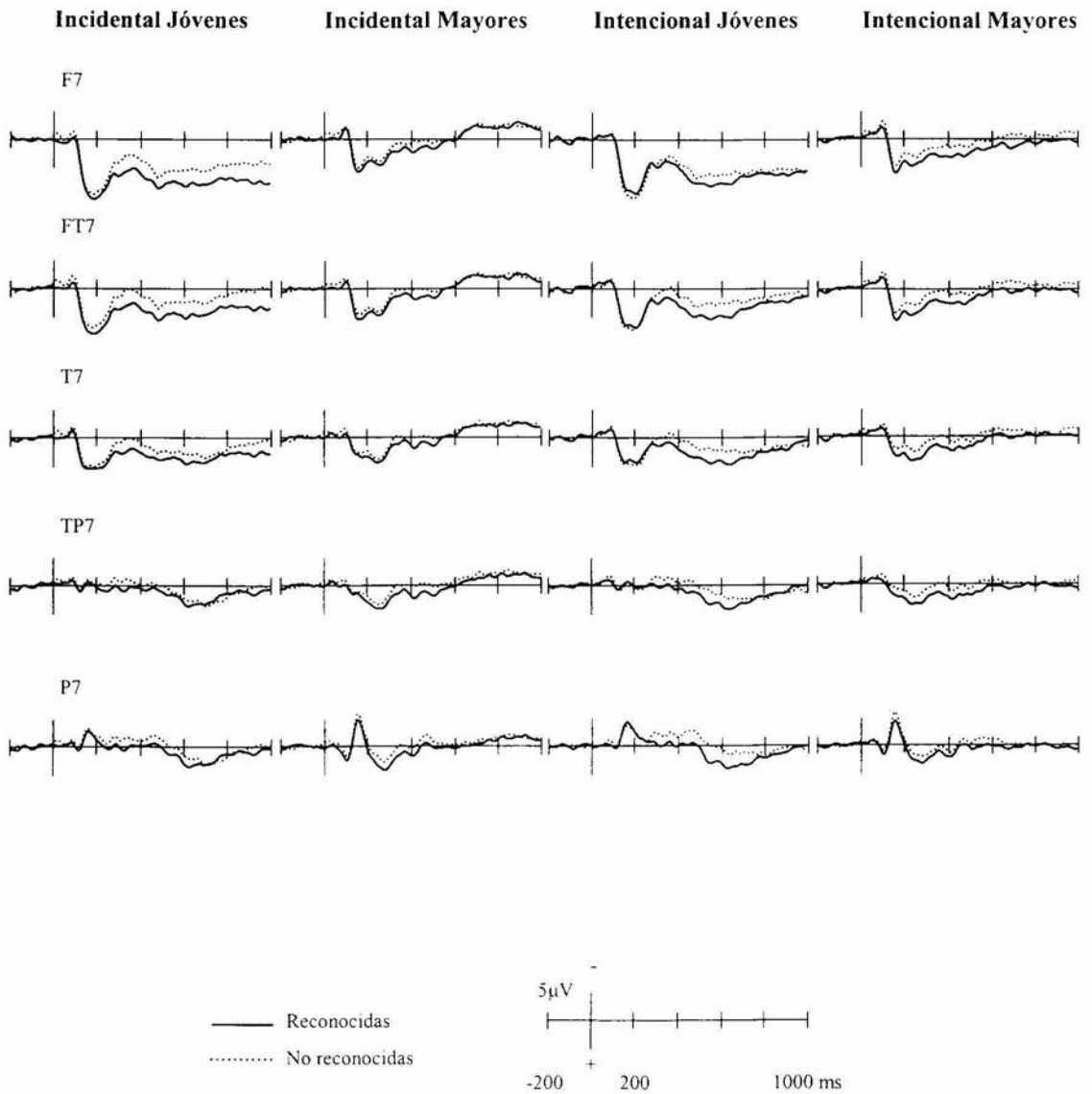


Fig 14. Potenciales relacionados de cinco derivaciones izquierdas (F7, FT7, T7, TP7 y P7) durante el reconocimiento.

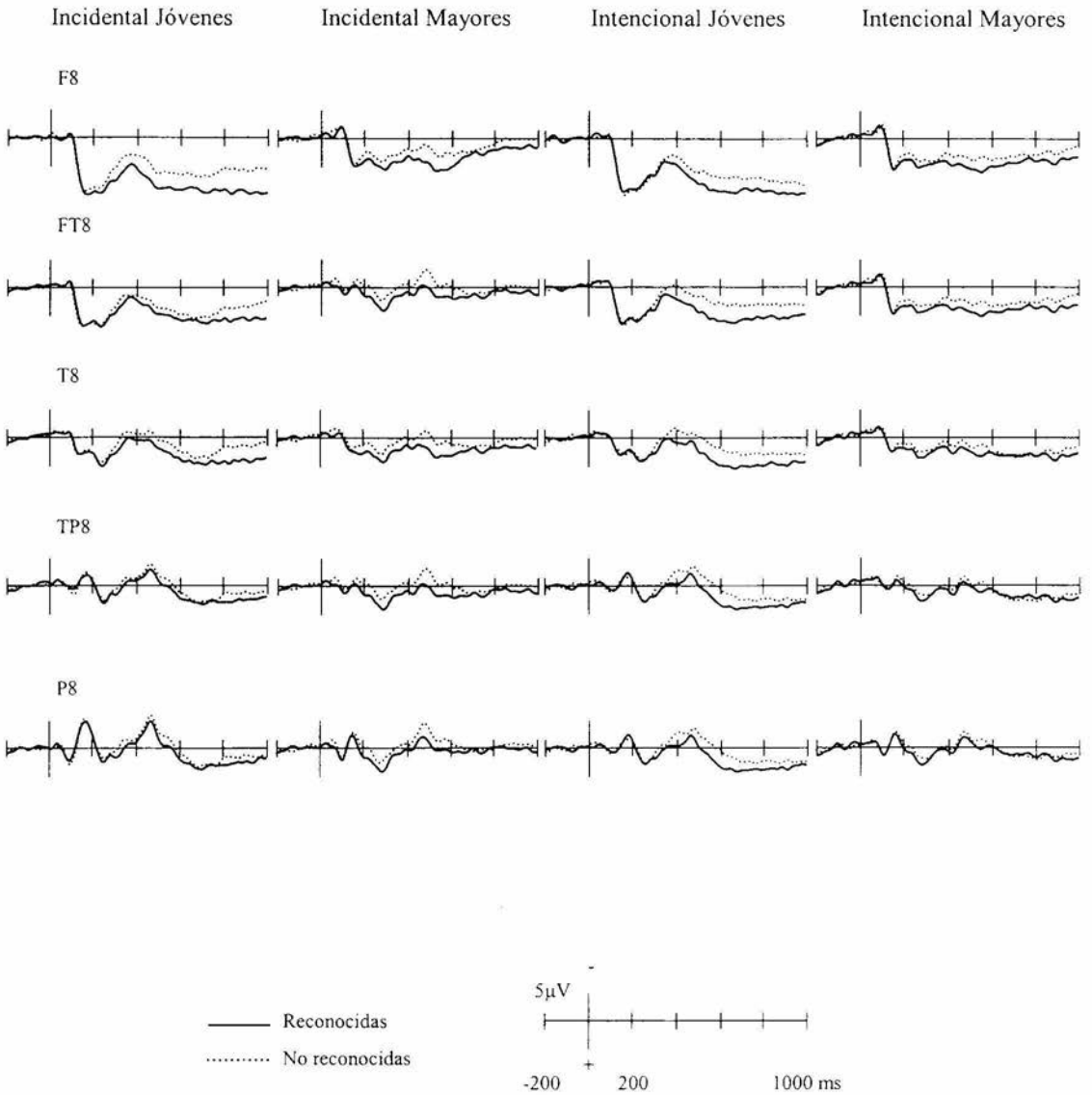


Fig 15. Potenciales relacionados de cinco derivaciones derechas (F8, FT8, T8, TP8 y P8) durante el reconocimiento.

DISCUSIÓN

En la fase de codificación, la ejecución y TR en la tarea de clasificación (natural/artificial) no difirieron significativamente entre los adultos jóvenes y mayores. Estos resultados indican que esta tarea de clasificación semántica tuvo un grado de complejidad similar para ambos grupos y que la memoria semántica, evaluada a través de esta tarea, se encuentra preservada en los adultos mayores. Los TR sólo difirieron de acuerdo a la ejecución, ya que las respuestas incorrectas fueron más tardías que las correctas en ambos grupos, Ratcliff y Rouder (1998) han señalado que las respuestas erróneas son más tardías que las correctas cuando hay niveles intermedios de ejecución correcta, lo cual está en relación con procesos de toma de decisión forzada entre dos opciones. Lo contrario sucede cuando se obtienen niveles extremos de ejecución correcta: los errores son más rápidos que las respuestas correctas. Las tareas de memoria implican un nivel de complejidad medio que se refleja en una ejecución correcta alejada del 100%, aún en adultos jóvenes y el aumento en los tiempos de reacción ante las respuestas incorrectas es un hallazgo que ha sido reportado anteriormente en la literatura sobre memoria (*v gr.* Cansino y Téllez-Alanís, 2000).

En la fase de reconocimiento, los adultos mayores presentaron menor desempeño que los adultos jóvenes lo cual fue evidente tanto en el porcentaje de respuestas correctas como de acuerdo al índice de discriminación P_r . Resultados similares han sido previamente reportados en la literatura (Grady y Craik, 2000; Wegesin *et al.*, 2002; Joyce *et al.*, 1998). A pesar de esta diferencia entre los grupos, los adultos mayores obtuvieron un porcentaje

alrededor del 70%, niveles similares a la ejecución alcanzada en otros experimentos (Friedman y Trott, 2000; Cabeza, Grady, Nyberg, McIntosh, Tulving, Kapur, Jennings, Houle y Craik, 1997). Estos datos confirman que las personas mayores se desempeñan mejor en tareas que requieren menor esfuerzo para recuperar la información (reconocimiento y recuerdo con claves) que en tareas que demandan mayor esfuerzo y recursos para disponer de ella (recuerdo libre) (Grady y Craik, 2000). Además, en el presente estudio el reconocimiento no varió de acuerdo a la tarea, incidental e intencional, en ninguno de los grupos. En adultos jóvenes, Ferrara, Puff, Gioia y Richards (1978) encontraron que el recuerdo de sonidos naturalísticos fue igual en una tarea de codificación incidental que en una intencional, mientras que Noldy *et al.* (1990) reportaron una ventaja en el reconocimiento cuando los sujetos realizaron un estudio intencional de los estímulos. De acuerdo a varias investigaciones (Ferrara *et al.*, 1978; Craik y Tulving, 1975; Guttentag, 1988; Nelly *et al.*, 1990) la ventaja de las tareas intencionales se presenta cuando los sujetos realizan una codificación incidental sencilla sin analizar semánticamente los estímulos. Por ejemplo, cuando al sujeto se le presentan imágenes y palabras, se le pide que aprenda sólo las imágenes pero en la prueba de reconocimiento se le preguntan las palabras (Noldy *et al.*, 1990) o cuando se realiza una tarea de codificación superficial como leer las palabras (Nelly *et al.*, 1990). En cambio, cuando la tarea de codificación incidental es compleja, i.e. algún tipo de clasificación, no hay un mejor recuerdo en las tareas intencionales (Ferrara *et al.*, 1978; Craik y Tulving, 1975). Los resultados del presente estudio indican que la tarea de codificación profunda (clasificación semántica) influyó más sobre el reconocimiento que la consigna explícita de memorizar y que esta influencia, ya reportada en los adultos jóvenes, fue similar en los adultos mayores. La tendencia a considerar las palabras como viejas en un estado de incertidumbre fue diferente de acuerdo

a la tarea: en la incidental todos los participantes fueron más liberales y en la intencional fueron más neutrales.

Durante la fase de reconocimiento del presente estudio se encontró que los TR de los adultos mayores fueron más lentos que los de los jóvenes, lo que concuerda con los hallazgos reportados en otras investigaciones sobre memoria (Friedman *et al.*, 1996; Wegesin *et al.*, 2002). Sin embargo, no sólo en tareas de memoria se han encontrado tiempos de reacción más lentos en los adultos mayores, sino también en tareas de decisión lexical, denominación de objetos, clasificación y fluencia verbal (Kutas y Iragui, 1998). Dichas evidencias apoyan la hipótesis de que el envejecimiento se acompaña de un enlentecimiento general en el procesamiento cognoscitivo, lo cual es evidente en diferentes tareas (Balota *et al.*, 2000) y se ha asociado principalmente a dos cambios estructurales que ocurren en el sistema nervioso durante el envejecimiento: la pérdida de mielina que recubre a los axones (Onofr *et al.*, 2001) y la alteración de la sustancia blanca (leukoaraiosis) (Raz, 1999); cambios que directamente afectan la velocidad del procesamiento de la información. Junque, Pujol, Vendrell, Bruna, Jodar, Ribas *et al.* (1990) señalaron que el aumento en el daño de la sustancia blanca, evidente a través de imágenes por resonancia magnética, está relacionada con el riesgo cerebrovascular y con una disminución en la velocidad del procesamiento de la información durante la realización de tareas complejas (e.g. paradigma stroop). Además, durante el reconocimiento ambos grupos presentaron TR mayores en las respuestas incorrectas que en las correctas, diferencia que también se encontró durante la tarea de codificación, sin embargo, en el reconocimiento esta diferencia fue significativa sólo en las palabras viejas, mientras que en las palabras nuevas los TR no variaron de acuerdo a la ejecución.

Codificación

En la fase de codificación del presente estudio el ESM, el cual se caracteriza por la presencia de mayor amplitud positiva entre los 450 y 800 mseg post-estímulo ante las palabras ulteriormente recordadas en comparación con las olvidadas, se observó en los adultos jóvenes y mayores en ambas tareas, la incidental y la intencional. Lo anterior concuerda con los resultados encontrados en adultos jóvenes en los que el efecto se presenta en ambos tipos de tareas: intencional (Karis *et al.*, 1984; Fabiani *et al.*, 1990) e incidental (Sanquist *et al.*, 1980; Van Petten y Senkfor, 1996). En los adultos mayores, la presencia del ESM confirma que también en ellos se presenta este efecto en tareas incidentales, en contraposición a los resultados reportados en una investigación previa (Friedman *et al.*, 1996). Por lo tanto, al igual que en los adultos jóvenes, el ESM en los mayores se presentó en ambas tareas, intencional e incidental. Friedman *et al.* (1996) no observaron el ESM en adultos mayores en una tarea de recuperación con claves en la que su ejecución correcta fue alrededor del 20%. Estos autores concluyeron que la ausencia de este efecto en los adultos mayores pudo deberse a que ellos no codifican espontáneamente de manera elaborada. Sin embargo, una de las tareas que ellos utilizaron fue una clasificación semántica, la cual garantiza un procesamiento profundo y una alta probabilidad de recuerdo tanto en adultos jóvenes como en adultos mayores (Craik y Tulving, 1975). El recuerdo obtenido por ambos grupos en Friedman *et al.* (1996) fue similar, si los adultos no hubiesen realizado una codificación profunda tendrían grandes deficiencias en el recuerdo, lo cual no sucedió. Es posible que el ESM requiera de un mejor nivel de desempeño en los adultos mayores para que sea visible, ya que en el presente estudio los adultos mayores tuvieron un

desempeño de alrededor del 70%. La presencia del ESM en adultos mayores durante la realización de una tarea intencional fue reportada por Friedman y Trott (2000). Este efecto presentó una distribución bilateral, mientras que en los adultos jóvenes, el ESM estaba lateralizado en el hemisferio izquierdo. Sin embargo, en sus resultados se observa que esta asimetría fue marginalmente significativa ($p = .07$). En cambio Van Petten y Senfkor (1996) reportaron que el ESM obtenido en su estudio se presentó en electrodos centrales y frontales, ligeramente mayor en el hemisferio derecho. En el presente estudio el ESM se presentó en electrodos frontales y centrales (Figuras 6 10) pero no estuvo lateralizado ni presentó diferencias entre adultos jóvenes y mayores.

El ESM se ha interpretado como un predictor de la recuperación de información de la memoria (Van Petten y Senfkor, 1996) o como un índice de activación durante la codificación (Johnson, 1995). De acuerdo a Van Petten y Senfkor (1996), el ESM, es decir, el aumento en el componente positivo ante las palabras viejas correctas en comparación con las viejas incorrectas, indica que sólo los ítems que se relacionaron con algún conocimiento ya almacenado en la memoria tienen mayor posibilidad de ser recordados. En la realización de tareas semánticas se activan huellas mnemónicas almacenadas previamente y el ESM se presenta. Por el contrario, se ha reportado que ante estímulos sin significado, como patrones de líneas (Van Petten y Senfkor, 1996) o signos geométricos (Fox *et al.*, 1990), el ESM no se presenta, ya que este tipo de estímulos no evoca relaciones con los conocimientos guardados en la memoria previamente. Los resultados encontrados en el presente estudio indican que el ESM de los adultos mayores no difiere del de los jóvenes en tareas intencionales, hallazgo ya reportado por Friedman y Trott (2000), ni en las incidentales. Estos datos no apoyan la hipótesis de que el deterioro de la memoria con la edad está

asociado a una codificación deficiente, por lo menos cuando los adultos mayores realizan un procesamiento profundo al igual que los jóvenes.

En estudios recientes con imaginería por resonancia magnética funcional (IRMf) se ha reportado la presencia de un efecto subsecuente de memoria, es decir una mayor actividad hemodinámica ante el recuerdo correcto en comparación con el incorrecto en la corteza prefrontal inferior izquierda, en el giro fusiforme, en el lóbulo temporal medial y en la corteza prefrontal derecha ante las palabras procesadas de una manera semántica (Baker, Sanders, Macotta y Buckner, 2001; Otten, Henson y Rugg, 2001); en cambio, palabras procesadas de una manera perceptual presentaron el efecto en la corteza prefrontal inferior izquierda y en el lóbulo temporal medial anterior (Baker *et al.*, 2001) o en la corteza prefrontal izquierda, en el giro fusiforme y en la corteza prefrontal derecha (Otten *et al.*, 2001). La activación en la corteza prefrontal izquierda y en el lóbulo temporal medial se asoció al reconocimiento siguiendo una orientación semántica; mientras que la activación de la región parietal bilateral, del giro fusiforme, de la corteza prefrontal derecha y de regiones occipitales izquierdas se relacionó al reconocimiento siguiendo una orientación fonológica (Otten y Rugg, 2001). Durante la codificación incidental de palabras a través de una clasificación semántica, Wagner, Schacter, Rotte, Koutstaal, Maril, Dale, Rosen y Buckner (1998) encontraron activación en la corteza prefrontal inferior izquierda y en el opérculo frontal izquierdo (áreas de Brodman 6/44/45/47), así como en el giro parahipocampal posterior izquierdo y en el giro fusiforme (áreas de Brodman 35/36/37). La activación de estas estructuras cerebrales durante los procesos mnemónicos han respaldado la distinción entre los procesos propiamente de memoria a cargo de estructuras del lóbulo temporal medial, y procesos que promueven o favorecen el recuerdo y que son mediados

por la corteza prefrontal (Fernández y Tendolkar, 2001). Evidencia adicional es aportada por los PRE registrados sobre el cuero cabelludo, en los que se ha encontrado el ESM con dos topografías diferentes: uno máximo en áreas centro-parietales y otro máximo en regiones frontales. El ESM parietal, el cual probablemente refleja la actividad del lóbulo temporal medial, parece estar directamente relacionada con la formación de la memoria declarativa. Por el contrario, el ESM frontal es modulado por estrategias de codificación elaboradas (Fabiani *et al.*, 1990), por codificación profunda y superficial (Sanquist *et al.*, 1980), y por tareas de codificación asociativas y no asociativas (Weyerts *et al.*, 1997). El ESM observado en electrodos frontales probablemente refleja la actividad prefrontal y pueden estar asociado a operaciones que sostienen la codificación esforzada y/o representan los procesos de memoria de trabajo involucrados en la codificación esforzada (Fernández y Tendolkar, 2001). Sin embargo, cabe señalar que estos ESM no se presentan simultáneamente ni de una manera secuencial: la tarea de codificación influye en que los ESM se presenten con diferente topografía, por lo cual no se puede hablar de una correspondencia directa con los estudios de IRMf en los que ambas activaciones, regiones prefrontales y del lóbulo temporal medial, son evidentes.

Con respecto al origen del ESM observado en los PRE registrados sobre el cuero cabelludo, los registros con electrodos intracraneales (Fernández *et al.*, 1999) y los estudios con IRMf (Wagner *et al.*, 1998) convergen en el hecho de que algunas estructuras del lóbulo temporal medial están implicadas en la generación de dicho efecto, hipótesis que había sido postulada por Johnson (1995).

El ESM también se ha estudiado a través de análisis del EEG, Sederberg, Kahana, Howard, Donner y Madsen (2003) analizaron la actividad obtenida con electrodos intracraneales en pacientes epilépticos (8-17 años de edad) y durante la codificación encontraron un incremento en la potencia oscilatoria que predice el recuerdo subsecuente en dos bandas de frecuencia específicas. Una de las bandas fue entre 4-8 Hz (theta) en la región temporal derecha y en regiones prefrontales, y la segunda fue la banda de frecuencia entre 28-64 Hz (gama) en varias regiones corticales bilaterales. También se ha reportado un aumento en la potencia de theta registrado sobre el cuero cabelludo ante las palabras subsecuentemente recordadas en comparación con las no recordadas (Klimesch, Dopplemayr, Russegger y Pachinger, 1996; Weiss y Rappelsberger, 2000). Esos resultados apoyan la idea de que estructuras del lóbulo temporal que subyacen a la aparición del ritmo theta están implicadas en la formación de nuevas memorias episódicas en conjunción con otras áreas corticales en las que se manifiesta la actividad gama (Sederberg *et al.*, 2003).

Por otro lado, se han encontrado diferencias en los registros de la actividad metabólica entre adultos jóvenes y mayores durante la codificación mnemónica pero sin promediar la actividad de acuerdo al reconocimiento (Cabeza *et al.*, 1997; Grady, McIntosh, Horwitz, Maisog, Ungerleider, Mentis, Pietrini, Schapiro y Haxby, 1995). Tulving, Kapur, Craik, Moscovitch y Houle (1994) y Buckner y Koutstaal (1998) reportaron que en los adultos jóvenes la corteza prefrontal izquierda se activa significativamente durante la codificación, sin embargo, en esos estudios no se investigó a adultos mayores. Posteriormente, Cabeza *et al.* (1997) no encontraron activación en la corteza prefrontal izquierda ni en regiones temporales bilaterales durante la codificación de pares de palabras en adultos mayores. Aunque estos autores proponen que las diferencias de activación durante la codificación

pueden estar relacionadas con las fallas en la memoria asociadas a la edad, en su estudio no hubo diferencias en el reconocimiento entre adultos mayores y jóvenes. En otro estudio con adultos mayores (Grady *et al.*, 1995), no se encontró una activación significativa en ninguna estructura cerebral durante la codificación de caras, al contrario de los jóvenes, quienes mostraron activación en el hipocampo derecho, y en regiones prefrontales y temporales izquierdas. El reconocimiento obtenido por los adultos jóvenes fue mucho mayor que el de los adultos mayores. Grady *et al.*, (1995) proponen que los problemas de memoria asociados a la edad pueden deberse a una codificación deficiente del estímulo, o que las diferencias en la activación cerebral indican distintas formas de resolver las tareas. Estos autores señalaron que posiblemente los adultos mayores no emplearon una estrategia particular, más allá del uso de la percepción, en su intento por memorizar. Grady *et al.* (1995) sólo les solicitaron a los sujetos que aprendieran los estímulos, mientras que en el presente estudio, los participantes realizaron una clasificación semántica lo que garantizó que todos los sujetos, jóvenes y mayores, realizaran el mismo procesamiento con los estímulos, al menos en la tarea incidental. En contraposición a los hallazgos reportados por Cabeza *et al.* (1997) y Grady *et al.* (1995), Madden, Turkington, Provenzale, Denny, Hawk, Gottlob y Coleman (1999) no encontraron diferencias entre adultos jóvenes y mayores en las estructuras activadas ni en el monto de activación metabólica obtenida. Los trabajos anteriormente reportados (Cabeza *et al.*, 1997; Grady *et al.*, 1995; Madden *et al.*, 1999) han estudiado la activación metabólica empleando tomografía por emisión de positrones durante la codificación en adultos mayores sin relacionarla con el recuerdo subsecuente. Hasta donde es de nuestro conocimiento sólo un trabajo a explorado el ESM con IRMf en adultos mayores (Morcom, Good, Frackowiak y Rugg, 2003) y sus resultados indican que varios correlatos neuronales de la codificación exitosa no se ven afectados por la edad

debido a que no encontraron diferencias significativas entre los adultos jóvenes y mayores en la actividad asociada a los ítems subsecuentemente recordados comparados con los ítems olvidados en áreas prefrontales izquierdas inferotemporales, en el hipocampo y en la corteza medial adyacente. Estos hallazgos concuerdan con los resultados del presente estudio en los que hubo una ausencia de diferencias en el ESM entre los adultos jóvenes y los mayores.

Asimismo, en el presente estudio se observaron otros dos PRE asociados a la codificación exitosa en ambos grupos: un componente positivo entre los 80 y 200 mseg y uno negativo entre los 200 y 450 mseg. En pocos trabajos (Friedman y Sutton, 1987; Smith, 1993) se ha reportado una diferencia en el potencial positivo temprano de acuerdo al reconocimiento subsecuente en adultos jóvenes: mayor amplitud ante el reconocimiento correcto en comparación con el incorrecto. Dicho efecto temprano no ha sido previamente observado en adultos mayores. Smith (1993) asoció este efecto a procesos de atención y/o de memoria de trabajo y señaló que una falla en los mismos durante la fase de codificación, expresado por cambios en dicho potencial, puede afectar la huella mnemónica de los estímulos. Los resultados del presente estudio muestran que este efecto temprano se encuentra preservado en los adultos mayores. El componente negativo entre los 200 y 450 mseg presentó diferencias de acuerdo al reconocimiento subsecuente, su amplitud fue menor durante el reconocimiento incorrecto en comparación con el correcto. En un estudio previo, Friedman y Trott, 2000 reportaron que dicho componente presentó diferencias significativas marginales en adultos mayores y no diferencias en los adultos jóvenes. Sin embargo, en otros experimentos con adultos jóvenes se ha observado que este componente varía de acuerdo al recuerdo subsecuente cuando se estudian palabras (Mangels, Picton y Craik,

2001; Weyerts *et al.*, 1997; Paller 1990; Van Petten y Senkfor 1996) y fotos de rostros (Sommer *et al.*, 1991). A pesar de que en varios estudios se han reportado efectos subsecuentes de memoria en latencias tempranas, aún no se ha determinado cuál es su significado y se desconoce qué rol juegan en el reconocimiento subsecuente. Fabiani *et al.* (2000) proponen que es posible que más de un ESM sea observable en los PRE y que su naturaleza y distribución dependan de si las tareas son explícitas y/o de los aspectos de distinción y probabilidad del ítem. Aunque estos autores proponen que el ESM sea diferente de acuerdo a la tarea empleada, lo cual a la fecha no se ha explorado, esta noción de la existencia de más de un ESM puede guiar la investigación sobre el significado de que diversos componentes a diversas latencias sean afectados por el recuerdo subsecuente.

Durante la codificación la amplitud de los componentes positivo entre 80 y 200 mseg (electrodos centrales y laterales) y positivo entre 450 y 800 mseg (F7/8) fue mayor en los sujetos jóvenes que en los mayores, independientemente del reconocimiento subsecuente y de la tarea. La disminución de la amplitud de los PRE en adultos mayores ha sido previamente observada y se ha propuesto que está asociada a los cambios estructurales del sistema nervioso (Kutas e Iragui, 1998) como la acumulación de lipofucsina, el encogimiento neuronal, la pérdida neuronal, el decremento del crecimiento dendrítico, la aparición de placas seniles y de cuerpos amiloides, cambios en la composición de la membrana lípida celular y alteraciones en la mielina. Sin embargo, actualmente no hay evidencia concluyente del efecto que estos cambios ejercen sobre las funciones cerebrales (Onofr *et al.*, 2001).

En la codificación, el tipo de tarea independientemente del reconocimiento, afectó la amplitud del componente positivo entre los 450 y 800 mseg. Este componente presentó mayor amplitud en la tarea intencional que en la incidental en los electrodos FZ, FCZ y CZ en ambos grupos. Noldy *et al.* (1990) reportó que el componente P250 fue mayor en la condición intencional que en la incidental cuando empleó imágenes como estímulos pero no encontró diferencias cuando utilizó palabras. En la literatura no existe información adicional que permita entender el efecto que produjo sobre la amplitud del componente positivo (450-800 mseg) la intención de aprender, por lo que se propone, de manera tentativa, que esta actividad puede ser consecuencia de la consigna explícita de memorizar. Con IRMf, Logan, Sanders, Snyder, Morris y Buckner (1992) encontraron un activación en la corteza prefrontal izquierda durante una tarea intencional, pero no durante una tarea incidental.

Reconocimiento

En los PRE obtenidos en la fase de reconocimiento se presentó el efecto viejo/nuevo con sus dos componentes: una onda negativa ente los 300 y 500 mseg y una positiva entre los 500 y 800 mseg. Estos componentes no presentaron diferencias entre los grupos, resultado que concuerda con hallazgos anteriores (Friedman *et al.*, 1993; Trott *et al.*, 1997; Mark y Rugg, 1998). La presencia de dicho efecto se ha relacionado con la integridad de los procesos de memoria y la ausencia de diferencias entre grupos indica que los procesos asociados a este efecto están conservados en los adultos mayores.

Aunque en diversos estudios (Rugg, 1995; Wegesin *et al.*, 2002; Mark y Rugg, 1998) este efecto presenta una distribución máxima en la región parietal posterior, en el presente estudio este efecto presentó una amplia distribución sobre el cuero cabelludo, al igual que el efecto encontrado por Van Petten y Senfkor (1996).

Pocos estudios (Joyce *et al.*, 1998; Swick y Knight, 1997; Rugg *et al.*, 1997) han reportado una disminución en el efecto viejo/nuevo durante el reconocimiento en los adultos mayores. Joyce *et al.* (1998) afirmaron que una disminución indica que los procesos de reconocimiento están alterados en las personas mayores. Sin embargo, la mayoría de los estudios (Friedman *et al.*, 1993; Trott *et al.*, 1997; Wegesin *et al.*, 2002; Mark y Rugg, 1998) han encontrado el efecto viejo/nuevo en los adultos mayores, aunque su nivel de reconocimiento sea menor al de los jóvenes. Estos resultados han hecho que varios autores (Friedman *et al.*, 1993; Rugg, 1995) hayan propuesto que la disminución en el reconocimiento en los adultos mayores pueda deberse a fallas durante la fase de codificación y que la presencia de diferencias entre los PRE de ambos grupos durante esta fase apoyaría esta hipótesis. Los resultados en el presente estudio no mostraron diferencias entre adultos mayores y jóvenes en los PRE de la codificación, por lo que el déficit del reconocimiento en los adultos mayores no puede atribuirse a los procesos que subyacen al componente estudiado (ESM).

El efecto viejo/nuevo es modulado por la actividad del lóbulo temporal medial ya que se ha encontrado disminuido o ausente en pacientes amnésicos con lesión en el lóbulo temporal medial (Smith y Halgren, 1989; Johnson, 1995). Adicionalmente, un estudio con

magnetoencefalografía localizó un generador del efecto viejo/nuevo dentro del lóbulo temporal medial (Tendolkar, Rugg, Fell, Vogt, Scholtz, Hinrichs y Heinze, 2000).

La actividad metabólica asociada a tareas de reconocimiento no presenta cambios en los adultos mayores en comparación con los jóvenes, ya que la activación en la corteza prefrontal derecha se conserva al igual que en los adultos jóvenes (Grady *et al.*, 1995). Bäckman, Almkvist, Andersson, Nordberg, Winblad, Reineck y Langström (1997) encontraron que la activación en la corteza prefrontal derecha y el giro anterior del cíngulo durante el reconocimiento explícito fue igual entre los adultos mayores y jóvenes. Cabeza *et al.* (1997) reportaron ligeras diferencias durante el reconocimiento, pero éstas no fueron tan pronunciadas como las encontradas durante la codificación.

Los resultados del presente estudio apuntan a que la actividad neurofisiológica durante el reconocimiento está conservada, lo cual está acorde con la mayoría de los estudios previos con PRE (Friedman *et al.*, 1993; Trott *et al.*, 1997; Wegesin *et al.*, 2002; Mark y Rugg, 1998) y con registros de la actividad metabólica (Grady *et al.*, 1995; Bäckman *et al.*, 1997; Cabeza *et al.*, 1997).

Finnigan, Humphreys, Dennis y Geffen (2002) propusieron una interpretación diferente del efecto viejo/nuevo, no como un reflejo de los procesos de recuerdo, sino como un indicador de los procesos de decisión de un reconocimiento correcto de los estímulos y, por tanto, de la seguridad con la que los sujetos proporcionan una respuesta. Si el aumento en el componente positivo refleja procesos de recuerdo, se espera que las palabras viejas presenten mayor amplitud que las palabras nuevas porque en estas últimas el componente

no está reflejando ese recuerdo (efecto viejo/nuevo). En cambio, en las falsas alarmas (palabras nuevas incorrectas, las cuales no fueron analizadas en el presente estudio) el sujeto reconoce el estímulo como viejo y por tanto hay una actividad relacionada con el recuerdo de esa "falsa memoria" (Roedinger y McDermott, 1995), lo que se reflejaría en un aumento del componente positivo en comparación de las palabras nuevas correctas. Sin embargo, varios estudios (Finnigan *et al.*, 2002; Rubin, Van Petten, Glisky y Newberg, 1999; Van Petten y Senfkor, 1996) han encontrado que las palabras nuevas correctas presentan mayor actividad positiva que las nuevas incorrectas. Por su parte, Van Petten y Senfkor (1996) propusieron que el efecto viejo/nuevo puede estar asociado a la recuperación exitosa de la información, pero no necesariamente es un reflejo directo de los procesos de memoria. De acuerdo a esta interpretación, la presencia del efecto viejo/nuevo en los adultos mayores indica que los procesos neurofisiológicos subyacentes al reconocimiento correcto, expresados mediante el efecto viejo/nuevo, están conservados en ellos, pero esta evidencia no es suficiente para afirmar que los procesos de memoria se encuentran preservados, esto sólo será posible de conocer cuando se descubra el significado exacto del efecto viejo/nuevo.

En el reconocimiento, el tipo de tarea, incidental e intencional, afectó a los componentes negativo (300-500 mseg) y positivo (500-800 mseg) en los electrodos centrales y en los laterales. El componente negativo presentó mayor amplitud en la tarea intencional que en la incidental en los electrodos centrales (FCZ, CZ y CPZ) y en los laterales (FC3/4, C3/4 y P3/4). En el componente positivo se encontró este mismo patrón ampliamente distribuido en todos los electrodos. En el presente estudio, durante la fase de codificación, también se encontró un efecto de la tarea sobre el componente positivo entre 450 y 800 mseg. Este

efecto consistió en un aumento de la amplitud en la tarea intencional en comparación con la incidental en los electrodos anteriores de la línea media. Como se mencionó anteriormente, estos resultados fueron significativos sin interactuar con el factor reconocimiento subsecuente en ninguna de las dos fases. A pesar de que en un estudio similar (Noldy *et al.*, 1990) no se reportaron diferencias de acuerdo al tipo de tarea, es posible que este resultado en los electrodos frontocentrales, a partir de los 450 msec en la codificación, esté asociado a la expectativa de una prueba posterior de la memoria.

Un resultado no reportado anteriormente en estudios de reconocimiento fue la variación del potencial positivo temprano (100-300 msec) en función del reconocimiento correcto de las palabras viejas y nuevas en los electrodos laterales. Joyce *et al.* (1998) encontraron que el efecto viejo/nuevo en una tarea de decisión léxical comenzó tempranamente (~200 msec) pero en general este efecto inicia entre los 300 y 400 msec.

Envejecimiento

Es notoria la presencia de cambios en la mayoría de los PRE de latencia media en los adultos mayores: hay una disminución de la amplitud en la onda MMN asociada a la memoria sensorial auditiva (Kok, 2000), también se ha reportado una disminución en la amplitud y un aumento en la latencia del componente P300 asociado a procesos de atención y/o de memoria de trabajo (Kugler, 1999), e igualmente sucede con el componente N400 asociado a la detección de incongruencias semánticas (Kutas e Iragui, 1998). Sin embargo, la evidencia aportada por una gran cantidad de trabajos que han valorado el efecto

viejo/nuevo durante el reconocimiento, a excepción de los datos aportados por Joyce *et al.* (1998), muestran que esta manifestación de los PRE no cambia con el avance de la edad (Friedman *et al.*, 1993; Trott *et al.*, 1997; Wegesin *et al.*, 2002; Mark y Rugg, 1998).

En cuanto al estudio de la codificación mnemónica a través del ESM en adultos mayores no se cuenta con datos concluyentes (Friedman *et al.*, 1996; Friedman y Trott, 2000), pero los resultados aportados por el presente estudio se inclinan en la misma dirección: la inexistencia de diferencias en la magnitud del ESM entre los adultos jóvenes y los mayores. Esta ausencia de diferencias en la actividad eléctrica entre adultos jóvenes y mayores no permite asociar la disminución en el reconocimiento que presentan los adultos mayores a una alteración del trazo neurofisiológico. Asimismo, la ausencia de diferencias entre los grupos no puede ser explicada en términos de que los PRE más tardíos (~400) no sean sensibles a cambios asociados a la edad ya que se ha encontrado que PRE arriba de 800 mseg, y aún más tardíos, sí presentan diferencias entre los adultos jóvenes y los mayores (Friedman, 2000; Friedman y Trott, 2000).

En el caso del ESM, la ausencia de diferencias puede deberse a que para su obtención se promedia la actividad recordada exitosamente en comparación de la que no pudo ser recuperada. Es decir, se compara la actividad asociada a una trazo memorable en comparación de uno que no lo es; esta actividad es similar en los adultos mayores y en los jóvenes pero no explica por qué no existe la misma cantidad de trazos mnemónicos entre ambos grupos. El único trabajo que estudia el ESM con potenciales relacionados a eventos con IRMf también muestra que la actividad hemodinámica no cambia entre adultos mayores y adultos jóvenes (Morcom *et al.*, 2003).

En el caso del efecto viejo/nuevo, éste se obtiene promediando el reconocimiento exitoso de los estímulos viejos contra la discriminación también exitosa de los estímulos nuevos. Friedman (2000) sugiere que este efecto no refleja la familiaridad de un ítem, sino que está relacionado con el recuerdo de la información y que refleja la recuperación automática de la información. Los resultados indican que este efecto es equivalente en sujetos jóvenes y en adultos mayores, por lo que se concluye que los mecanismos de recuperación de información que dependen de estructuras del lóbulo temporal medial están conservados en los adultos mayores (Friedman, 2000).

Tanto en la codificación como en el reconocimiento, en este último sólo en los electrodos occipitales, el único componente que presentó diferencias entre los adultos mayores y los jóvenes fue la onda positiva que fue máxima alrededor de los 200 mseg. La temporalidad de este componente permite asociarlo a procesos de percepción y/o atención (Kok, 2000) y la disminución de la amplitud en los adultos mayores podría ser un indicador de alguna alteración en estos procesos.

CONCLUSIÓN

Los PRE asociados a la codificación exitosa y al reconocimiento correcto no variaron entre los grupos. Con respecto a la codificación, se observó que el ESM estuvo presente en los adultos mayores ante ambos tipos de codificación incidental e intencional, lo cual nos indica que la actividad neurofisiológica asociada a ambos tipos de codificación no varía con la edad. Estos resultados concuerdan con los datos obtenidos por Morcom *et al.* (2003), quienes no encontraron diferencias durante la codificación en la actividad hemodinámica entre adultos jóvenes y mayores. Lo anterior indica que cuando los procesos de memoria son exitosos, i.e. se obtienen o promedian de acuerdo al éxito en el reconocimiento, los marcadores fisiológicos no difieren entre grupos. Debido a que diversas investigaciones han señalado al lóbulo temporal medial como generador del ESM observado en los PRE, la ausencia de cambios en el mismo en el grupo de adultos mayores nos indicaría que esta estructura está conservada cuando realiza tareas de codificación que son valoradas a través del reconocimiento subsecuente. Asimismo, los PRE asociados al reconocimiento tampoco fueron diferentes entre los adultos jóvenes y los mayores, resultado que ha sido reportado anteriormente en la literatura. En consecuencia, la diferencia en el reconocimiento episódico de palabras entre adultos jóvenes y mayores, la cual fue mayor al 10%, no se puede atribuir a fallas en los procesos que subyacen a los PRE estudiados.

Una diferencia encontrada entre los grupos fue una disminución de la amplitud en los componentes positivos (100-300 msec y 500-800 msec) de los adultos mayores durante la

fase de codificación, mientras que en la fase de reconocimiento esta disminución sólo se presentó en electrodos occipitales en el componente positivo temprano (100-300mseg). La disminución en la amplitud ha sido asociada a cambios estructurales durante el envejecimiento, sin embargo, no hay estudios concluyentes que hayan explorado la presencia de una relación directa entre algún cambio anatómico específico y la disminución en la amplitud de los PRE.

En el presente estudio se confirmó la presencia del ESM en tareas incidentales en adultos mayores, lo cual indica que los procesos de codificación a nivel neurofisiológico, expresados por ESM, permanecen sin cambios con el avance de la edad, al menos cuando los sujetos realizan una tarea de codificación profunda. Asimismo, la tarea intencional produjo un aumento en los PRE de ambos grupos a partir de los 300 mseg lo que puede indicar, aunado a evidencias con IRMf, que este efecto puede ser producido por la intención de memorizar la información o por el tipo de procesamiento inducido.

Por último, podemos señalar que los resultados obtenidos indican que los procesos de codificación evaluados a través del ESM están conservados en los adultos mayores y que, por lo tanto, los niveles menores de reconocimiento en ellos no pueden explicarse o asociarse a alteraciones durante la etapa de codificación mnemónica. Lo anterior sugiere que se deben explorar otras hipótesis para tratar de entender los cambios en la memoria asociados a la edad. La hipótesis de que el enlentecimiento en el procesamiento de la información (Salthouse, 1988) afecta los procesos cognoscitivos en general es una de las hipótesis más fuertes debido a que el aumento en los tiempos de reacción es una evidencia constante en varios estudios de memoria, incluyendo el presente, y de varias

investigaciones que abordan otros procesos cognoscitivos. Por otro lado, la hipótesis de las deficiencias en el procesamiento estratégico (Craik y Jennigs, 1992) en relación con los hallazgos de alteraciones en la función de los lóbulos frontales en los adultos mayores obtenidas con técnicas funcionales (Cabeza *et al.*, 1997) está guiando varias líneas de investigación en el campo de la memoria. Asimismo, la técnica de los PRE continúa siendo una herramienta útil que permite el análisis de la actividad eléctrica cerebral en relación con la ejecución conductual, con el objetivo de probar diversas hipótesis sobre el funcionamiento y la temporalidad de los procesos cognoscitivos.

Mejoras al estudio

Los resultados alcanzados en el presente estudio permiten la comparación de los PRE en tareas incidentales e intencionales. Sin embargo, en la literatura se usan comúnmente dos procedimientos para el aprendizaje intencional: el sujeto mira los estímulos y trata de aprenderlos pero no se le solicita que realice ninguna tarea ni tiene que tomar decisión alguna, el otro procedimiento es que el sujeto trate de aprender los estímulos pero adicionalmente proporcione alguna respuesta (repetir en voz alta la palabra, indique si la palabra se refiere a algo agradable o no, etc.). Asimismo, cuando se codifica de manera incidental se emplean dos tipos de tarea: la codificación profunda que generalmente incluye algún tipo de clasificación semántica, y la codificación superficial en la que sólo se realiza un análisis de las características físicas del estímulo. En el presente estudio se empleó el aprendizaje intencional e incidental con una tarea de clasificación semántica. Creo que los resultados del estudio se verían fortalecidos si se compararan las cuatro formas de

codificación con el objeto de explorar su efecto tanto en el porcentaje de reconocimiento como en los PRE.

Direcciones para futuras investigaciones

A partir de los resultados obtenidos en el presente estudio surgen algunas inquietudes que muestran la necesidad de contestar otras preguntas de investigación en torno a la memoria episódica y los adultos mayores. Con respecto a elucidar las estructuras que dan origen al ESM en los PRE creo que es esencial la realización de estudios que exploren la presencia de dicho efecto en pacientes que posean una lesión en estructuras del lóbulo temporal medial, así como la aplicación del análisis de dipolos o fuentes de la actividad cerebral cuando se registran la actividad sobre el cuero cabelludo, ya que hasta el momento esto no se ha realizado.

El análisis del ESM en términos del EEG puede realizarse en adultos mayores, así como en sujetos de diferentes edades y poblaciones de pacientes, para conjuntar esta información con los datos obtenidos en los PRE y con técnicas de activación funcional (TEP y PRE con IRMf), lo que permitirá entender los diferentes patrones de actividad que durante la codificación sustentan el recuerdo subsecuente. Hasta estos momentos sólo existen pocos trabajos con las técnicas antes mencionadas, por lo cual muchos de los datos obtenidos no se han corroborado o refutado.

Queda sin responder si existe algún trazo neurofisiológico que esté alterado en los adultos mayores y que se relacione con la disminución en el reconocimiento que ellos presentan. El

análisis experimental de la etapa de almacenamiento a través de la manipulación de los tiempos para la recuperación de la información y el registro de los PRE es una línea de investigación poco estudiada que podría aportar información sobre la disminución de la memoria asociada a la edad.

Asimismo, creo que es necesario se realice un análisis exhaustivo de los PRE obtenidos en la etapa de la codificación mnemónica, compararlos entre adultos jóvenes y adultos mayores sin que se realice una promediación de acuerdo al reconocimiento subsecuente para observar si en ella existen diferencias. Varios estudios con TEP y con IRMf han mostrado diferencias entre adultos jóvenes y mayores durante la codificación, sin embargo, en esos estudios no se ha promediado la actividad cerebral de acuerdo al reconocimiento subsiguiente. Esos resultados sugieren que las diferencias en el momento de procesar la información pueden ser de tipo perceptual y/o atencional, lo cual también puede ser analizado con PRE.

REFERENCIAS

- Alameda, J.R. y Cuetos, F. (1995) *Diccionario de Frecuencia de las Unidades Lingüísticas del Castellano*. Oviedo: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Oviedo.
- Albert, M.S. (1994) Normal and abnormal memory. Aging and Alzheimer disease. En E. Wang y D.S. Snyder (Eds.) *Handbook of Aging Brain*. California, USA: Academic Press.
- AES American Electroencephalographic Society (1991) Guidelines for standard electrode position nomenclature. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 8: 200-202.
- Anderer, P., Pascual-Marqui, R.D., Semlitsch, H.V. y Saletu, B. (1998) Differential effects of normal aging on sources of standard N1, target N1 and target P300 auditory event-related brain potentials revealed by low resolution electromagnetic tomography (LORETA). *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 108 (2): 160-174.
- Bäckman, L., Almqvist, O., Andersson, J., Nordberg, A., Winblad, B., Reineck, R. y Langström, B. (1997) Brain activation in young and older adults during implicit and explicit retrieval. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9 (3): 378-391.
- Baddeley, A. (1986) *Working Memory*. Oxford: Clarendon Press.
- Baker, J.T., Sanders, A.L., Macotta, L. y Buckner, R.L. (2001) Neural correlates of verbal memory encoding during semantic and structural processing tasks. *NeuroReport*, 12: 1251-1256.
- Balota, D.A., Dolan, P.O. y Duchek, J.M. (2000) Memory changes in healthy older adults. En E. Tulving y F.I.M. Craik (Eds) *The Oxford Handbook of Memory* (pp. 521-537). New York: Oxford University Press.
- Balota, D.A., Duchek, J.M. y Paullin, R. (1990) Age-related differences in the impact of spacing, lag, and retention interval. *Psychology and Aging*, 4: 3-9.
- Beck, A.T., Ward, C.H., Mendelson, M., Mock, J. y Erbaugh, J. (1961) An inventory for measuring depression. *Archives of General Psychiatry*, 4: 561-567.
- Besson, M., Ffytche, D.H. y Requin, J. (1994) Brain waves associated with musical incongruities differ for musicians and non-musicians. *Neuroscience Letters*, 168: 101-105.
- Besson, M., Kutas, M. y Van Petten, C. (1992) An event related potential (ERP) analysis of semantic congruity and repetition effects in sentences. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 4: 132-149.
- Bloom, J.L. y Anneveldt, M. (1982) An electrode cap test. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 54, 591-594.
- Bowles, N.L. y Poon, L.W. (1985) Aging and retrieval of words in semantic memory. *Journal of Gerontology*, 40 (1): 71-77.
- Buckner, R.L. y Koutstaal, W. (1998) Functional neuroimaging studies of encoding, priming, and explicit memory retrieval. *Proceedings National Academy of Sciences USA*, 95: 891-898.

- Burke, D.M. y Light, L.L. (1981) Memory and aging: The role of retrieval processes. *Psychological Bulletin*, 90: 513-546.
- Cabeza, R., Grady, C.L., Nyberg, L., McIntosh, A.R., Tulving, E., Kapur, S., Jennings, J. Houle, S. y Craik, F. (1997) Age-related differences in neural activity during memory encoding and retrieval: a positron emission tomography study. *The Journal of Neuroscience*, 17 (1): 391-400.
- Cansino, S. y Téllez-Alanís, B. (2000) ERPs elicited by a cognitive incongruity paradigm: a semantic memory study. *NeuroReport*, 11 (5): 977-981.
- Cave, C.B. y Squire, L.R. (1992) Intact verbal and nonverbal short term memory following damage to the human hippocampus. *Hippocampus*, 2: 151-163.
- Chao L.L. y Knight R.T. (1997) Age-related prefrontal alterations during auditory memory. *Neurobiology of Aging*, 18 (1): 87-95.
- Courchesne, E., Hillyard, S.A. y Galambos, R. (1975) Stimulus novelty, task relevance and the visual evoked potential in man. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 39: 131-143.
- Craik, F.I.M., Anderson, N.D., Kerr, S.A. y Li, K.Z.H. (1995) Memory changes in normal ageing. En A.D. Baddeley, B.A. Wilson y F.N. Watss (Eds) *Handbook of Memory Disorders* (pp. 211-241). New York: Wiley.
- Craik, F.I.M. y Byrd, M. (1982) Aging and cognitive deficits: The role of attentional resources. En F.I.M. Craik y S. Trehub (Eds) *Aging and Cognitive Processes* (pp. 191-211). New York: Plenum Press.
- Craik, F.I.M. y Jennings, J.M. (1992) Human memory. En F.I.M. Craik y T.A. Salthouse (Eds) *The Handbook of Aging and Cognition* (pp. 51-110). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Craik, F.I.M. y Lockhart, R.S. (1972) Levels of processing: a framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11: 671-684.
- Craik, F.I.M. y McDowd, J.M. (1987) Age differences in recall and recognition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 13: 474-479.
- Craik, F.I.M. y Tulving, E. (1975) Depth of processing and the retention of the words in episodic memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 104: 268-294.
- Curran, T. (1999) The electrophysiology of incidental and intentional retrieval: ERP old/new effects in lexical decision and recognition memory. *Neuropsychologia*, 37: 771-785.
- Curran, T. (2000) Brain potentials of recollection and familiarity. *Memory and Cognition*, 28 (6): 923-938.
- Czigler, I., Csibra, G., Csontos, A. (1992) Age and interstimulus interval effects on event-related potentials to frequent and infrequent auditory stimuli. *Biological Psychology*, 33: 195-206.
- Desmedt, J.E. (1980) P300 in serial tasks: An essential postdecision closure mechanism. In H.H. Kornhuber y L. Deecke (Eds) *Motivation, Motor, and sensory processes of the brain* (Progress in brain research, 54) (pp.682-686). Amsterdam: Elsevier.
- Donchin, E. (1979) Event-related potentials: A tool in the study of human information processing. En H. Begleiter (Ed.) *Evoked potentials and behavior* (pp.13-75). New York: Plenum.

- Donchin, E. (1981) Surprise!...Surprise? *Psychophysiology*, 18 (5): 493-513.
- Donchin, E. y Coles, M.G.H. (1988). Is the P300 component a manifestation of context updating? *The Behavioral and Brain Sciences*, 11: 355-372.
- Fabiani, M. y Friedman, D. (1995) Changes in brain activity patterns in aging: The novelty oddball. *Psychophysiology*, 32: 579-594.
- Fabiani, M., Gratton, G. y Coles, M.G.H. (2000) Event-related brain potentials. Methods, theory, and applications. En J.T. Cacioppo, L.G. Tassinary y G.G. Berntson (Eds). *Handbook of Psychophysiology*. UK: Cambridge University Press.
- Fabiani, M., Karis, D. y Donchin, E. (1985) Effects of strategy manipulation on P300 amplitude in a Von Restorff paradigm. *Psychophysiology*, 22: 588-589.
- Fabiani, M., Karis, D. y Donchin, E. (1986) P300 and recall in an incidental memory paradigm. *Psychophysiology*, 23: 298-308.
- Fabiani, M., Karis, D. y Donchin, E. (1990) Effects of mnemonic strategy manipulation in a Von Restorff paradigm. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 75: 22-35.
- Fernández, G., Effern, A., Grunwald, T., Pezer, N., Lehnertz, K., Dümplemann, M., Van Roost, D. y Elger, C.E. (1999) Real-time tracking of memory formation in the human rhinal cortex and hippocampus. *Science*, 285: 1582-1585.
- Fernández, G. y Tendolcar, I. (2001) Integrated brain activity in medial temporal and prefrontal areas predicts subsequent memory performance: Human declarative memory formation at the system level. *Brain Research Bulletin*, 55 (1): 1-9.
- Ferrara, R.A., Puff, C.R., Gioia, G.A. y Richards, J.M. (1978) Effects of incidental and intentional learning instructions on the free recall of naturalistic sounds. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 11 (6): 353-355.
- Finnigan, S., Humphreys, M.S., Dennis, S. y Geffen G. (2002) ERP "old/new" effects: memory strength and decisional factor(s). *Neuropsychologia*, 40: 2288-2304.
- Fischler, I., Bloom, P.A., Childers, D.G., Roucos, S.E. y Perry, N.W. (1983) Brain potentials related to stages of sentence verification. *Psychophysiology*, 20: 400-409.
- Folstein, M., Folstein, S. y McHugh, P. (1975) Minimental state: a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12: 189-198.
- Ford, J.M., Pfefferbaum, A., Tinklenberg, J.R., y Kopell, B.S. (1982) Effects of perceptual and cognitive difficulty on P3 and RT in young and old adults. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 54: 311-321.
- Fox, A.M., Michie, P.T. y Coltheart, M. (1990) ERP effects of temporal and spatial recall with verbal and visual stimuli. En C.H.M. Brunia, A.W. Gaillard y A. Kok (Eds). *Psychophysiological Brain Research* (pp. 236-239). Tilberg, Germany: Tilburg University Press.
- Friedman, D. (2000) Event-related potential investigations of memory and aging. *Biological Psychology*, 54: 175-206

- Friedman, D., Berman, S. y Hamberger, M. (1993) Recognition memory and ERPs: age related changes in young, middle-aged and elderly adults. *Journal of Psychophysiology*, 7: 181-120.
- Friedman, D. y Johnson, R. Jr. (2000) Event-related potential (ERP) studies of memory encoding and retrieval: A selective review. *Microscopy Research and Technique*, 51: 6-28.
- Friedman, D., Ritter, W. y Snodgrass, J.G. (1996) ERPs during study as function of subsequent direct and indirect memory testing in young and old adults. *Cognitive Brain Research*, 4 : 1-13.
- Friedman D. y Sutton, S. (1987) Event-related potentials during continuous recognition memory. *Current Trends in Event-Related Potential Research, EEG Supplement*, 40: 316-321.
- Friedman D. y Trott Ch. (2000) An event-related potential study of encoding in young and older adults. *Neuropsychologia*, 38 (5) : 542-57.
- García, H.V. (1953) *Vocabulario Usual, Vocabulario Común y Vocabulario Fundamental*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Grady, Ch.L. y Craik F.I.M. (2000) Changes in memory processing with age. *Current Opinion in Neurobiology*, 10 : 224-231.
- Grady, Ch.L., McIntosh, A.R., Horwitz, B., Maisog, J.M., Ungerleider, L.G., Mentis, M.J., Pietrini, P., Schapiro, M.B. y Haxby, J.V. (1995) Age-related reductions in human recognition memory due to impaired encoding. *Science*, 269: 218-221.
- Goodin, D.S., Squires, K.C., Henderson, B.H. y Starr, A. (1978) Age-related variations in evoked potentials to auditory stimuli in normal human subjects. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 44: 447-458.
- Guillem, F., N'kaoua, B., Rougier, A., Claverie, B. (1996) Functional heterogeneity of the frontal lobe: evidence from intracranial memory ERPs. *International Journal of Psychophysiology*, 21: 107-119.
- Guttentag, R. (1988) Processing relational and item-specific information: Effects of aging and division of attention. *Canadian Journal of Psychology*, 42 (4): 414-423.
- Halgren, E., Squires, N.K., Wilson, C.L., Rohrbaugh, J.W. y Babb T.L. (1980) Endogenous potentials generated in the human hippocampal formation and amygdala by infrequent events. *Science*, 210: 803-805.
- Harbin, T.J., Marsh, G.R. y Harvey, M.T. (1984) Differences in the late components of the event-related potential due to age and to semantic and non-semantic tasks. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 59 (6): 489-96.
- Hashtroudi, S., Parker, E.S., Luis, J.D. y Reisen, C.A. (1989) Generation and elaboration in older adults. *Experimental Aging Research*, 15: 73-78.
- Hillyard, S.A., Hink, R.F., Schwent, V.L. y Picton, T.W. (1973) Electrical signs of selective attention in the human brain. *Science*, 182: 177-180.
- Iragui, V.R., Kutas, M., Mitchiner, M.R. y Hillyard, S.A. (1993) Effects of aging on event-related brain potentials and reaction times in an auditory oddball task. *Psychophysiology*, 30: 10-22.

- Jasper, H.H. (1958) The ten-twenty electrode system of the International Federation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 10: 371-375.
- Jennings, J.R. y Wood, C.C. (1976) The ϵ -Adjustment procedure for repeated-measures analyses of variance. *Psychophysiology*, 13 (3): 277-278.
- Johnson R Jr. (1993) On the neural generators of the P300 component of the event-related potential. *Psychophysiology*, 30 (1): 90-97.
- Johnson, R. Jr. (1995) Event-related potential insights into the neurobiology of memory systems. En Boller, F. y Grafman, J. (Eds) *The Handbook of Neuropsychology*, Vol. 10. Amsterdam: Elsevier.
- Johnson, R. Jr., Pfefferbaum, A. y Kopell, B.S. (1985) P300 and long-term memory: Latency predicts performance. *Psychophysiology*, 22: 497-507.
- Joyce, C.A., Paller, K.A., McIsaac, H.K. y Kutas, M. (1998) Memory changes with normal aging: Behavioral and electrophysiological measures. *Psychophysiology*, 35: 669-678.
- Juilland, A. y Chang-Rodriguez, E. (1964) *The Romance Languages and their Structures, First series SI, Frequency Dictionary of Spanish Words*. Amsterdam: The Hague.
- Junque C., Pujol, J., Vendrell, P., Bruna, O., Jodar, M., Ribas, J.C., Vinas, J., Capdevila, A. y Martí-Vilalta, J.L. (1990) Leuko-araiosis on magnetic resonance imaging and speed of mental processing. *Archives of Neurology*, 47: 151-156.
- Karis, D., Bashore, T., Fabiani, M. y Donchin, E. (1982) Abstrac. P300 and memory. *Psychophysiology*, 19: 328.
- Karis, D., Fabiani, M. y Donchin, E. (1984) P300 and memory: individual differences in the Von Restorff effect. *Cognitive Psychology*, 16: 177-216.
- Kausler, D.H. y Hakami, M.K. (1983) Memory for activities: adult age differences and intentionality. *Developmental Psychology*, 19 (6): 889-894.
- Klimesch, W., Doppelmayr, M., Russeger, H. y Pachinger, T. (1996) Theta band power in the human scalp EEG and the encoding of new information. *NeuroReport*, 7: 1235-1240.
- Knight, R.T., Scabini, D., Woods, D.L. y Clayworth, C.C. (1989) Contributions of temporal-parietal junction to the human auditory P3. *Brain Research*, 502 (1): 109-116.
- Kok, A. (2000) Age-related changes in involuntary and voluntary attention as reflected in components of the event-related potential (ERP). *Biological Psychology*, 54: 107-143.
- Kugler, C.F.A. (1999) Interrelations of age, sensory functions, and human brain signal processing. *Journal of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 54(6): B231-B238.
- Kugler, C.F.A., Petter, J. y Platt, D. (1996) Age-related dynamics of cognitive brain functions in humans: an electrophysiological approach. *Journal of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 51: B3-B16
- Kutas, M. y Hillyard, S.A. (1980). Reading senseless sentences: Brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, 207: 203-204.

- Kutas, M. e Iragui, V. (1998) The N400 in a semantic categorization task across 6 decades. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 108: 456-471.
- Lezak, M. (1995) *Neuropsychological Assessment*, 3rd edition. New York: Oxford University
- Ligh, L.L. (1996) Memory and aging. En E.L. Bjork y R.A. Bjork, *Memory*. San Diego, USA: Academic Press.
- Ligh, L.L. y Singh, A. (1987) Implicit and explicit memory and young and older adults. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 13: 531-541.
- Light, L.L. y Zelinsky, E.M. (1983) Memory for spatial information in young and old adults. *Developmental Psychology*, 19 (6): 901-906.
- Logan, J.M., Sanders, A.L., Snyder, A.Z., Morris, J.C. y Buckner, R.L. (2002) Under-recruitment and nonselective recruitment: Dissociable neural mechanisms associated with aging. *Neuron*, 33: 827-840.
- McCarthy, G., Nobre, A.C., Bentin, S. y Spencer, D.D. (1995) Language-related field potentials in the anterior-medial temporal lobe: I. Intracranial distribution and neural generators. *Journal of Neuroscience*, 15 (2): 1080-1089.
- Madden, D.J., Turkington, T.G., Provenzale, J.M., Denny, L.L., Hawk, T.C., Gottlob, L.R. y Coleman, R.E. (1999) Adult age differences in the functional neuroanatomy of verbal recognition memory. *Human Brain Mapping*, 7: 115-135.
- Mangels, J.A., Picton, T.W. y Craik, F.I.M. (2001) Attention and successful episodic encoding: an event-related potential study. *Cognitive Brain Research*, 11: 77-95.
- Mark, R.E. y Rugg, M.D. (1998) Age effects on brain activity associated with episodic memory retrieval. An electrophysiological study. *Brain*, 121: 861-873.
- Milner, B., Corsi, P. y Leonard, G. (1991) Frontal lobe contribution to recency judgements. *Neuropsychologia*, 29: 601-618
- Mishkin, M., Suzuki, W., Gadian, D.G. y Vargha-Khadem, F. (1997) Hierarchical organization of cognitive memory. *Philosophical Transactions of The Royal Society of London. Series B*, 352: 1461-1467.
- Mitchell, D.B. (1989) How many memory systems? Evidence from aging. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15: 31-49.
- Morales, A. (1986) *Léxico Básico del Español de Puerto Rico*. Madrid: La Muralla.
- Morcom, A., Good, C.D., Frackowiak, R.S.J. y Rugg, M. (2003) Age effects on the neural correlates of successful memory encoding. *Brain*, 126: 213-229.
- Nagy, M.E. y Rugg, M.D. (1989) Modulation of event-related potentials by word repetition: The effects on inter-item lag. *Psychophysiology*, 26: 431-436.
- Näätänen, R., Gaillard, A.W.K. y Mäntysalo, S. (1978) Early selective-attention effect on evoked potential reinterpreted. *Acta Psychologica*, 42, 313-329.

- Nebes, R.D. y Andrews-Kulis, M.E. (1976) The effect of age on the speed of sentence formation and incidental learning. *Experimental Aging Research*, 2: 315-321.
- Nelly, W.T., Beck, J.L., Bottalico, K.S. y Molloy, R.D. (1990) Effects of intentional versus incidental learning on explicit and implicit test of memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 16 (3): 457-463.
- Noldy, N.E., Stelmack R.M. y Campbell, K.B. (1990) Event-related potentials and recognition memory for pictures and words: the effects of intentional and incidental learning. *Psychophysiology*, 27 (4): 417-428.
- Onofrj, M., Thomas, A., Iacono, D., D'Andreamatteo, G. y Paci, C. (2001) Age-related changes of evoked potentials. *Neurophysiologie Clinique*, 31: 83-103.
- Otten, L.J., Henson, R.N. y Rugg, M.D. (2001) Depth of processing effects on neural correlates of memory encoding: relationship between findings from across- and within-task comparisons. *Brain*, 124: 399-412.
- Otten, L.J. y Rugg, M.D. (2001) Task dependency of the neural correlates of episodic encoding as measured by fMRI. *Cerebral Cortex*, 11: 1150-1160.
- Paller, K.A. (1990) Recall and stem completion priming have different electrophysiological correlates and are modified differentially by directed forgetting. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16 (6) : 1021-1032.
- Paller, K.A., Kutas, M. y Mayes, A.R. (1987) Neural correlates of encoding in an incidental learning paradigm. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 67: 360-371.
- Paller, K.A., Kutas, M. y McIsaac, H.K. (1995) Monitoring conscious recollection via the electrical activity of the brain. *Psychological Science*, 6: 107-11.
- Paller, K.A., McCarthy, G. y Wood, Ch.C. (1988a) ERPs predictive of subsequent recall and recognition performance. *Biological Psychology*, 26: 269-276.
- Paller, K.A. y Wagner A.D. (2002) Observing the transformation of experience into memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 6 (2): 93-102.
- Paller, K.A., Zola-Morgan, S., Squire L.R. y Hillyard, S.A. (1988b) P3-like brain waves in normal monkeys and in monkeys with medial temporal lesions. *Behavioral Neuroscience*. 102(5):714-25.
- Park, D.C. y Shaw, R.J. (1992) Effect of environmental support on implicit and explicit memory in younger and older adults. *Psychology Aging*, 7: 632-642.
- Picton, T.W. (1988) *Human Event-Related Potentials. Handbook of Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, Cap. 1, Vol. 3. Amsterdam: Elsevier.
- Picton, T. W., Lins, O.G., y Scherg, M. (1995). The recording and analysis of event-related potentials. In F. Boller y J. Grafman (Eds.), *Handbook of Neuropsychology*, Vol. 10 (pp. 3-73). Elsevier: New York.
- Polich, J. (1996). Meta-analysis of P300 normative aging studies. *Psychophysiology*, 33: 334-353.

- Postman, L. (1964) Short-term memory and incidental learning. En A.W. Melton (Ed) *Categories of Human Learning* (pp. 145-201) New York: Academic Press.
- Pritchard, W.S. (1981) Psychophysiology of P300. *Psychological Bulletin*, 100: 43-66.
- Rabinowitz, J.C. (1984) Aging and recognition failure. *Journal of Gerontology*, 39:65-71.
- Rankin, J.L. y Collins, M. (1985) Adult age differences in memory elaboration. *Journal of Gerontology*, 40: 451-458.
- Ratcliff, R. y Rouder, J.F. (1998) Modeling response times for two-choice decisions. *Psychological Science*, 9: 347-356.
- Raz, N. (1999) Aging of the brain and it's impact on cognitive performance: Integration of structural and functional findings. En F.I.M Craik. y T.A. Salthouse *The handbook of Aging and Cognition*. Cap. 1. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Roedinger III H.L. y McDermott, K.B. (1995) Creating false memories: remembering words not presented in lists. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21: 803- 814.
- Rösler, F. (1983) Endogenous ERPs and cognition: Probes, prospects, and pitfalls in matching pieces of mind-body problem. En A.W.K. Gaillard y W. Ritter (Eds.) *Tutorials in event-related potentials research: Endogenous components*, pp. 9-35. Amsterdam: Elsevier.
- Rubin, S.R., Van Petten, C., Glisky, E.L. y Newberg, W.M. (1999) Memory conjunction errors in younger and older adults: Event-related potential and neuropsychological data. *Cognitive Neuropsychology*, 16: 459-488.
- Rugg, M.D. (1995) Event-related potentials studies of human memory. En M.S. Gazzaniga (Ed) *The Cognitive Neurosciences*. Cambridge: MIT.
- Rugg, M.D., Mark, R.E., Gilchrist, J. y Roberts, R.C. (1997) ERP repetition effects in indirect and direct task: Effects of age and inter-item lag. *Psychophysiology*, 34 : 572-586.
- Rugg, M.D. y Nagy, M (1989) Event-related potentials and recognition memory for words. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 72: 395-406.
- Salthouse, T.A. (1988) The role of processing resources in cognitive aging. En M.L. Howe y C.J. Bramer (Eds) *Cognitive Development in Adulthood: Progress in Cognitive Development Research* (pp. 185-239). New York: Springer-Verlag.
- Sanquist, T.F., Rohrbaugh, J.W., Syndulko, K. y Lindsey, D.B. (1980) Electrocorical signs of levels of processing: perceptual analysis and recognition memory. *Psychophysiology*, 17: 568-576.
- Schacter, D.L. (1987) Memory, amnesia and frontal lobe dysfunction. *Psychobiology*, 15: 21-36
- Sederberg, B., Kahana, M.J., Howard, M.W., Donner, E.J. y Madsen, J.R. (2003) Theta and gamma oscillations during encoding predict subsequent recall. *The Journal of Neuroscience*, 23 (34) :10809 – 10814.
- Smith, M.E. (1993) Neurophysiological manifestations of recollective experience during recognition memory judgments. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 5: 1-13.

- Smith, M.E., Stapleton, J.M. y Halgren, E. (1986) Human medial temporal lobe potentials evoked in memory and language tasks. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 63: 145-159.
- Smith, M.E. y Halgren, E. (1989) Dissociation of recognition memory components following temporal lobe lesions. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15: 50-60.
- Snodgrass, J. G. y Corwin J. (1988) Pragmatics of measuring recognition memory: Applications to dementia and amnesia. *Journal of Experimental Psychology: General*, 117 (1): 34-50.
- Sommer, W., Schweinberger, S.R. y Matt, J. (1991) Human brain potential correlates of face encoding into memory. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 79: 457-463.
- Squire, L.R. (1994) Declarative and non declarative memory: multiple brain systems supporting learning and memory. En D.L. Schacter y E. Tulving (Eds) *Memory systems* (pp. 203-231). Cambridge, MA: MIT Press.
- Squire, L.R. (1998) Memory systems. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Series III, Sciences de la Vie*, 321 (1-2): 153-156.
- Squires, N.K., Squires, K.C. y Hillyard, S.A. (1975) Two varieties of long-latency positive waves evoked by unpredictable auditory stimuli in man. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 39: 387-401.
- Steinmetz, H. Fhrst, G. y Meyer, B.U. (1989) Craniocerebral topography within the international 10-20 system. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 72: 499-506.
- Swick, D. y Knight, R.T. (1997) Event-related potentials differentiate the effects of aging on word and nonword repetition in explicit and implicit memory tasks. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 23:123-142.
- Tendolkar, I., Rugg, M.D., Fell, J. Vogt, H., Scholtz, M., Hinrichs, H., Heinze, H.J. (2000) A magnetoencephalography study of brain activity related to recognition memory in healthy young human subjects. *Neuroscience Letters*, 280: 69-72.
- Trott Ch.T., Friedman, D., Ritter, W. y Fabiani, M. (1997) Item and source memory: differential age effects revealed by event-related potentials. *NeuroReport*, 8: 3373-3378.
- Tucker, D.M. (1993) Spatial sampling of head electrical fields: The Geodesic Sensor Net. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 87, 154-163.
- Tulving, E. (1983) *Elements of Episodic Memory*. New York: Oxford University Press.
- Tulving, E., Kapur, S., Craik, F.I.M., Moscovitch, M. y Houle, S. (1994) Hemispheric encoding/retrieval asymmetry in episodic memory: positron emission tomography findings. *Proceedings National Academy of Sciences USA*, 91: 2016-2020.
- Van Petten, C. y Senkfor, A.J. (1996) Memory for words and novel visual patterns: Repetition, recognition, and encoding effects in the event-related brain potential. *Psychophysiology*, 33: 491-506.
- Verleger, R. (1988) Event-related potentials and memory: A critique of the context hypothesis and an alternative interpretation of P3. *Behavioral and Brain Sciences*, 11: 343-356.

- Wagner, A.D., Koutstaal, W. y Schacter, D.L. (1999) When encoding yields remembering: Insights from event-related neuroimaging. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B. Biological Science*, 354 (1387): 1307-1324.
- Wagner, A.D., Schacter, D.L., Rotte, M., Koutstaal, W., Maril, A., Dale, A.M., Rosen, B.R. y Buckner, R.L. (1998) Building memories, remembering and forgetting of verbal experiences as predicted by brain activity. *Science*, 281: 1188-1191.
- Wegesin, D. J., Friedman, D., Varughese, N. y Stern Y. (2002) Age-related changes in source memory retrieval: an ERP replication and extension. *Cognitive Brain Research*, 13: 323-338.
- Weiss, S. y Rappelsberger, P. (2000) Long-range EEG synchronization during word encoding correlates with successful memory performance. *Cognitive Brain Research*, 9: 299 -312.
- Weschler, D. (1981) *WAIS Español. Escala de Inteligencia para Adultos*. Trad. Jorge M. Velasco. México: Manual Moderno.
- Weyerts, H., Tendolkar, I., Smid, H.G.O.M. y Heinze, H-J. (1997) Event-related potentials to encoding and recognition in two different inter-item association tasks. *NeuroReport*, 8: 1583-1588.
- Wilding, E.L. y Rugg, M.D. (1996) An event-related potential study of recognition memory with and without retrieval source. *Brain*, 119: 889-905.
- Woods, D.L. (1992) Auditory selective attention in middle-aged and alderly subjects: an event-related brain potential study. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 84: 456-468.
- Wood, C.C. y Allison, T. (1981) Interpretation of evoked potentials: A neurophysiological perspective. *Canadian Journal of Psychology*, 35 (2): 113-135.