

# Universidad de Guadalajara



**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS  
BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS  
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AMBIENTALES  
INSTITUTO DE NEUROCIENCIAS**

## **Memoria viso-verbal. Estudio electrofisiológico y conductual.**

**TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:  
DOCTOR EN CIENCIAS DEL COMPORTAMIENTO,  
OPCIÓN NEUROCIENCIAS

P R E S E N T A:

**ANDRÉS ANTONIO GONZÁLEZ GARRIDO**

DIRECTOR: DR. EMILIO GUMÁ DÍAZ

COMITÉ: DR. VÍCTOR ALCARÁZ ROMERO  
DRA. JULIETA RAMOS LOYO  
DR. MIGUEL ÁNGEL GUEVARA PÉREZ

Guadalajara, Jalisco. Mayo de 1999.

# Universidad de Guadalajara

---



**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS  
BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS  
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AMBIENTALES  
INSTITUTO DE NEUROCIENCIAS**

## **Memoria viso-verbal. Estudio electrofisiológico y conductual.**

**TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:  
DOCTOR EN CIENCIAS DEL COMPORTAMIENTO,  
OPCIÓN NEUROCIENCIAS

P R E S E N T A:

**ANDRÉS ANTONIO GONZÁLEZ GARRIDO**

DIRECTOR: DR. EMILIO GUMÁ DÍAZ

COMITÉ: DR. VÍCTOR ALCARÁZ ROMERO  
DRA. JULIETA RAMOS LOYO  
DR. MIGUEL ÁNGEL GUEVARA PÉREZ

Guadalajara, Jalisco. Mayo de 1999.

*A mi madre y dos tesoros que forman todo mi capital*

## ***AGRADECIMIENTOS.***

A Fabiola por compartir conmigo mucho más que un trabajo de investigación; su vida, y demostrarme con amor que cualquier meta es alcanzable.

A los maestros y personal del Instituto de Neurociencias por su exquisito trato, sus enseñanzas y generosidad tantas veces ejercida.

Al Dr. Alcaraz por embellecer y hacerme disfrutar la reflexión teórica.

A mi tutor Emilio por su amistad, guía, y la confianza que siempre depositó en mí.

Al Dr. González Cornejo, mi compadre y amigo José Luis Oropeza, así como al resto de los compañeros del Servicio de Neurología y Neurocirugía en el Hospital Civil de Guadalajara, por su comprensión, ayuda y paciencia extraordinarias sin las cuales este trabajo no habría sido posible.

A quienes se alegran de este modesto logro, y también a aquellos que creando dificultades, me hicieron aprender cómo superarlas.

## ÍNDICE.

• Resumen	
• Abstract	
• Introducción .....	01
• Marco Teórico y Justificación .....	04
. Tareas mentales .....	04
. Hallazgos Neuropsicológicos .....	05
. Memoria de trabajo.....	05
. Sistema fonológico .....	06
. Sistema visoespacial .....	06
. Sistema ejecutivo central .....	07
. Modelos alternativos sobre la Memoria de Trabajo .....	08
. Influencia de otros factores en las tareas de MT .....	09
. Estudios electrofisiológicos de la memoria .....	12
. Electroencefalograma .....	12
. Potenciales Relacionados a Eventos .....	14
. PREs, cognición y desarrollo ontogenético .....	19
• Planteamiento del problema .....	21
• Hipótesis .....	22
• Objetivos .....	23
• Metodología .....	24
. Sujetos .....	24
. Criterios de inclusión .....	24
. Criterios de no inclusión .....	24
. Criterios de exclusión .....	24
. Registro electrofisiológico .....	25
. Descripción de las tareas psicológicas .....	25
. Procedimiento .....	28
. Obtención de los PREs diferencia.....	28
. Análisis Estadístico .....	29

• <b>Resultados</b> .....	31
. <i>Ejecución conductual</i> .....	31
. <i>Resultados electrofisiológicos</i> .....	32
. <i>Niños</i> .....	32
. <i>Adultos</i> .....	32
. <i>PREs diferencia</i> .....	33
. <i>Niños</i> .....	33
. <i>Adultos</i> .....	35
. <i>Distribución topográfica de los componentes diferencia</i> .....	36
• <b>Discusión</b> .....	38
. <i>Datos conductuales</i> .....	38
. <i>PREs promedio</i> .....	39
. <i>PREs diferencia</i> .....	40
. <i>Distribución topográfica para los componentes de los PREs diferencia.</i>	43
. <i>Relación con los modelos de MT</i> .....	44
. <i>Probables aplicaciones de los resultados</i> .....	44
• <b>Conclusiones</b> .....	46
• <b>Referencias Bibliográficas</b> .....	47

## **RESUMEN.**

La memoria de trabajo (MT) es un proceso en línea que involucra el mantenimiento y transformación simultáneos de la información en el transcurso de unos pocos segundos. Este tipo de memoria es necesaria para un amplio rango de actividades cognitivas complejas y resulta sensible a las manipulaciones en la carga de trabajo debido a su limitada capacidad.

En varias tareas de MT, se registraron los Potenciales Relacionados a Eventos (PREs) desde todas las derivaciones monopolares del sistema internacional 10/20 (mastoides cortocircuitadas como referencia) en dos grupos de 15 sujetos sanos, derechos y con CI normal (adultos jóvenes de 23 años; estudiantes del último año de la carrera de Medicina y niños de 11 años; escolares de 6to. grado de primaria) mientras detectaban (presionando una tecla) secuencias de dígitos presentadas aleatoriamente en el monitor de una computadora, con el objeto de determinar si el incremento en la demanda de recursos de MT y/o atento-perceptuales, modifica las respuestas conductuales y electrocerebrales en estos grupos

Los niños y los adultos completaron tres y cuatro tareas respectivamente. Las tareas consistieron en la detección de secuencias de números (de un dígito) decrecientes sucesivos con presentación como sigue:

1. Dos números (40 pares).
2. Tres números (40 triadas).
3. Dos números, uno de ellos con degradación visual (40 pares).
4. Cuatro números (40 cuartetos: sólo para adultos).

En todas las tareas se evaluaron dos condiciones: secuencias inversas (blanco) vs. no secuencias (igual frecuencia de presentación: 20% para cada una). Los restantes ensayos fueron secuencias incompletas.

La duración del estímulo (200 ms), el intervalo post-estímulo (1800 ms) y el nivel de degradación visual, se determinaron previamente manipulando estas variables en un grupo control de niños, hasta obtener 20-30% de errores en la ejecución de las tareas 2 y 3. El propósito principal fue tratar de igualar las demandas cognitivas para las tareas 2 (mayor carga en memoria) y 3 (mayor carga atento-perceptual). Se presentaron secuencialmente 200 ensayos para cada tarea, con caracteres de color blanco sobre fondo negro, subtendiendo un ángulo visual de  $0.80^\circ$ . Se registraron tanto los PREs como los tiempos de reacción para cada ensayo.

Los PREs diferencia (secuencia blanco menos no secuencia) correspondientes a las respuestas correctas en ambos grupos experimentales, mostraron dos componentes positivos fronto-parietales y una negatividad tardía, que resultaron estadísticamente significativos. El primero de los componentes positivos exhibió un pico máximo sobre los 162 ms para los niños y 136 ms en los adultos, siendo observado sólo en aquellas tareas con mayor carga en MT (detección de triadas en niños y cuartetos en adultos), y sin relación aparente con el grado de dificultad perceptual. Este componente temprano podría constituir un índice de la carga en MT, reflejando probablemente, la actualización del contenido acumulado en el almacén de memoria. El segundo componente positivo, tuvo un pico máximo sobre los 280 ms tanto para niños como adultos, y probablemente refleja el procesamiento necesario para el cierre exitoso de la tarea. La negatividad tardía mostró un máximo sobre los 450 y 410 ms aproximadamente para niños y adultos respectivamente, interpretándose como posterior a la toma de decisión y parte del proceso de recuperación de recursos utilizados para responder la tarea.

## ***ABSTRACT.***

Working memory (WM) is an on-line process that involves simultaneous short-term maintenance and transformation of information. It is necessary for a wide range of complex cognitive activities. It may be sensitive to manipulations in workload because its limited capacity.

During running WM tasks, ERPs (monopolar full 10/20 system derivations; linked mastoids as reference) were obtained from two groups of male healthy, normal IQ, right handed subjects (15 young adults and 15 children) while they detected (by pressing a key) sequences of digits randomly displayed on a PC monitor screen, in order to determine if incremented perceptual or memory demands modify behavioral performance and/or electrophysiological cerebral responses .

Children (mean age: 11 years; educational level: fifth grade concluded) and adults (mean age: 23 years; undergraduate Medicine students) completed three and four tasks respectively. Tasks consisted on the detection of infrequent decreasing sequences of continuously presented single digits as follows:

5. Two numbers (40 pairs).
6. Three numbers (40 triads).
7. Two digits, one of them blurred (40 pairs).
8. Four digits (40 quartets: only for adults).

In all tasks two conditions: target vs. no target sequences (each one with the same presentation frequency: 20%), were evaluated. Additional (60%) events were uncompleted sequences.

Stimuli duration (200 ms), post-stimulus interval (1800 ms) and visual blurring degree were previously determined in a control children group, by manipulating these variables to obtain 20-30% of errors in tasks 2 and 3. Main purpose was to match cognitive demands for tasks 2 (higher memory load) and 3 (higher perceptual load). A total of 200 events were sequentially presented as white characters on a black background, subtending a visual angle of  $0.80^{\circ}$ . Reaction times were recorded. In both experimental groups the difference (target minus non-target) ERPs corresponding to behavioral hits, showed two statically significant positive fronto-parietal main components and a late negativity. The former positive wave had maximum peak latency about 162 ms for children and 136 ms in adults approximately. It was observed only for those tasks with higher WM load (detection of triads in children & quartets in adults), and it seems to be non dependent of the degree of perceptual effort. This earlier component could be an index of WM load, probably reflecting actualization of the accumulated memory storage content. The later positive component had maximum peak latency about 280 ms for both children & adults and it probably reflects information processing needed for the task closure. It might be comparable to other components previously reported in the literature. Finally, the late negativity showed maximum peak latency over 450 and 410 ms for children and adults respectively. This negative component can be interpreted in the face of those physiological recovering processes that follows the decision making and response stages.

## **INTRODUCCIÓN.**

Se podría especular que la memoria, junto a otras capacidades cognitivas, parece haber evolucionado para permitir el acoplamiento del organismo a un mundo que resulta complejo, pero lo suficientemente regular, como para que el pasado (a través del aprendizaje y la recuperación del recuerdo) permita una predicción aproximada del futuro, es decir, signifique una ventaja adaptativa.

Hasta hace pocos años la memoria era considerada como un proceso unitario, pero la investigación más reciente sobre los procesos que la constituyen y sus sustratos cerebrales, así como su relación con las funciones mentales superiores, ha permitido alcanzar un consenso acerca de la existencia de múltiples sistemas de memoria.

La memoria de trabajo (MT) en particular, representa un constructo teórico propuesto por Baddeley y Hitch en 1974, para referirse a un sistema de memoria con capacidad limitada, capaz de sostener y manipular temporalmente información necesaria para la ejecución de procesos cognitivos complejos como el aprendizaje, el razonamiento y la comprensión. La crucial importancia que se le atribuye a este constructo, probablemente radica en que permite una "articulación" funcional entre varios sistemas de memoria.

En este contexto, ¿cómo clasificar a la memoria en general?. Si atendemos a algunas de sus características básicas, podríamos dividirla según:

- **La modalidad de la información:** *Auditiva, Visual, Motora, Espacial.*
- **El contenido de la información:** *Información novedosa (material conocido o desconocido) e Información previamente almacenada.*
- **Su duración:** *Memoria Sensorial (icónica, ecoica, etc.; fracciones de segundo), Memoria a Corto plazo (hasta 60 segundos) y Memoria a Largo plazo (Reciente: más de 60 segundos; Remota: hasta varios años).*
- **El modo de evocación:** *Consciente (Explícita, Declarativa, Relacional) e Inconsciente (Implícita, No declarativa, Procedural).*
- **Tipo de procesamiento que se realiza:** *Complejo (Asociativo configural, Memoria de Trabajo, Regla-Dependiente o Atributo-Dependiente) y Simple (Automático).*

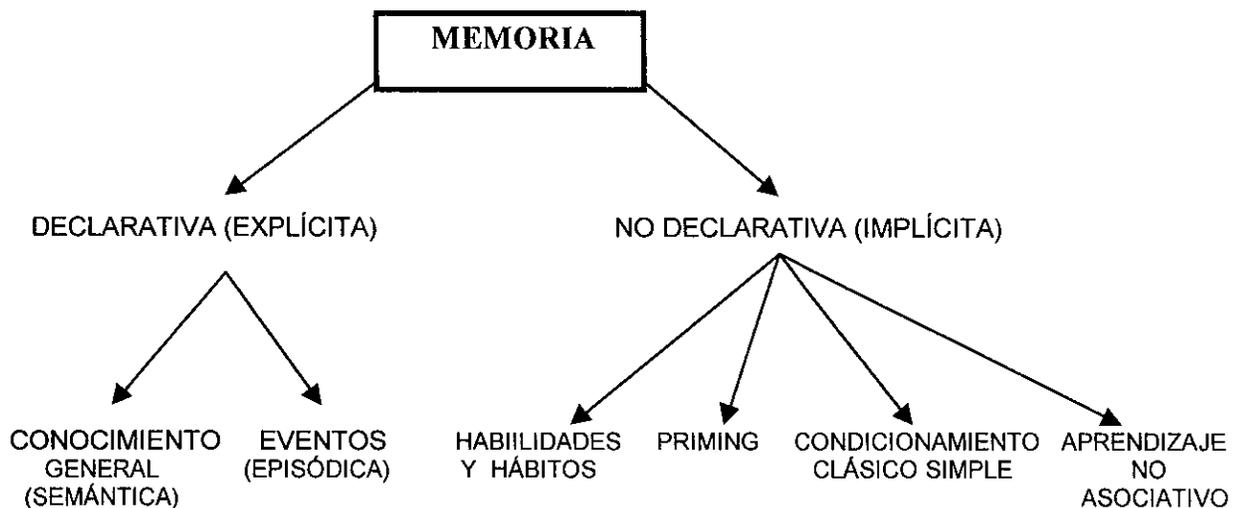
Siguiendo esta clasificación, cada término podría ubicarse en uno o más de estos rubros. Por ejemplo, la *Memoria Semántica*, que tiene a su cargo la adquisición y recuperación de conocimientos generales (Tulving 1972) es a largo plazo, de evocación consciente y procesamiento complejo.

La organización funcional de los procesos de aprendizaje y memoria se ha explorado en términos de *entrada, almacenamiento y salida* (Petersen y Weingartner 1991), postulándose que el material es recibido inicialmente a través de los órganos sensoriales y retenido por un breve tiempo hasta lograr la codificación de la información. Los procesos de atención operan en esta etapa para mantener la información en la conciencia.

Durante la fase de adquisición, el material se codifica en un almacén de “*procesamiento breve*” para su análisis y elaboración, denominado como memoria a corto plazo y/o memoria primaria. Simplificando los acontecimientos reales, se podría asumir que el material es codificado en dependencia de su relevancia, importancia, naturaleza e incluso familiaridad para el sujeto, estableciéndose contactos con la información previamente aprendida.

Posteriormente existe una fase de retención, donde la reconstrucción plástica de la experiencia real se consolida y establece en un registro permanente. Aquí, el material se revisa y modifica en dependencia de otros conocimientos y sobre la base de nuevas experiencias. Se plantea que cierta información se transforma, y tal vez alguna también se pierda. Finalmente, el material se recupera de forma espontánea por el individuo, o mediante el seguimiento de estímulos que ayudan en el proceso de evocación.

Probablemente la clasificación más general y mejor conceptualizada de la memoria sea la debida a Squire y Zola-Morgan (1991). **Figura 1.**



**Figura 1. Clasificación de la memoria (Squire y Zola-Morgan, 1991).**

Debe enfatizarse que cualquiera sea la denominación empleada para definir determinado sistema de memoria o los criterios seguidos para postular una clasificación, el engrama (grupo de cambios que en el sistema nervioso representan almacenamiento en la memoria) constituye una representación multidimensional y heterosensorial en su naturaleza.

A pesar de esta aparente claridad taxonómica, y la relación experimental cada vez más estrecha entre sustratos neurales específicos y los sistemas de memoria, faltaría definir el vínculo intrínseco entre los distintos subtipos de memoria, así como la existencia de un sistema con una participación compartida e integrada a otras funciones cognitivas superiores. Es precisamente

este papel de interfase entre la memoria y otras funciones complejas, el que se le asigna al constructo MT.

Hasta este momento, la gran mayoría de los trabajos reportados sobre MT en la literatura se refieren a sujetos adultos. Las múltiples limitaciones técnicas y metodológicas que implica la investigación de este constructo en población infantil, probablemente explican esta situación. Son escasos, por otra parte, los intentos de esclarecer la relación de MT con los procesos perceptuales o la identificación de parámetros electrofisiológicos en las distintas etapas del procesamiento de un material susceptible de ser almacenado.

La estrecha relación entre el procesamiento cognitivo y la MT, así como la extensa variedad de trastornos del desarrollo infantil asociados a dificultades cognitivas, demandan la aplicación de diseños experimentales destinados a la exploración conductual y electrofisiológica de este constructo en sujetos sanos, tanto en edad escolar como en adultos, para tratar de esclarecer los procesos de MT en los niños, y explicar los resultados que se alcancen en el contexto de los reportes previos sobre adultos.

Es en este marco en el que se ubican los propósitos de la presente investigación, es decir, en las relaciones de MT con el procesamiento perceptual visual y la detección de aquellos componentes electrocerebrales que sustentarían la elaboración cognitiva y almacenamiento de la información relevante en dos grupos de diferentes edades.

## **MARCO TEÓRICO Y JUSTIFICACIÓN.**

La noción sobre la existencia de múltiples sistemas de memoria fue esbozada desde finales del siglo pasado. En 1890, William James<sup>1</sup> publica su libro "*Principles of Psychology*", en el que distingue entre memoria primaria y secundaria; pero con relación a observaciones empíricas de diferencias intra e interindividuales en habilidades mnémicas.

En 1949, Tolman<sup>2</sup> revisó numerosos paradigmas de aprendizaje y planteó que existían evidencias para considerar que este se podía producir en más de una forma; en consecuencia, debían existir múltiples sistemas que sustentaran las diferentes formas de aprendizaje.

En ese mismo año, Hebb<sup>3</sup> hipotetizó la probable existencia de dos tipos de memoria (a corto y largo plazos), pero este planteamiento no fue totalmente aceptado hasta la demostración de que un sujeto era incapaz de recordar una cantidad mínima de material (tres consonantes) sin repetición activa del mismo (Brown 1958; Peterson y Peterson 1959). Estos estudios postularon la existencia de un sistema de memoria temporal con capacidad limitada, donde el material se extinguía de forma espontánea en el corto plazo de unos segundos.

Múltiples modelos duales de memoria siguieron como resultado de una intensa etapa experimental posterior, aunque probablemente ninguno con tanta repercusión como el propuesto por Atkinson y Shiffrin (1968). Este modelo postuló que la información ambiental debe pasar a través de una serie de sistemas sensoriales de memoria (que forman parte del proceso perceptual) antes de alcanzar una memoria a corto plazo o "memoria de trabajo", lo cual resultaría esencial tanto para el registro de información nueva en la memoria a largo término, como para su manipulación y evocación.

Entre otras muchas evidencias, el apoyo a este modelo provino del análisis de la ejecución de tareas mentales en sujetos normales y de hallazgos neuropsicológicos en pacientes amnésicos.\*

### **Tareas mentales:**

Algunas tareas parecen reflejar dos procesos separados de memoria, los cuales se asume que están relacionados a las memorias a corto y largo plazo respectivamente. Un ejemplo es la tarea de recuerdo libre, donde al sujeto se le presenta una lista de palabras que debe recordar inmediatamente después de la presentación sin importar su orden. Normalmente se recuerdan mejor los últimos reactivos (efecto de lo reciente; Crowder y Morton, 1969). Si se evita que el sujeto pueda repetir la información y se introduce una demora entre 5 y 10 segundos para la emisión de la respuesta (respuesta demorada) desaparece este efecto sin afectarse significativamente el recuerdo de los primeros reactivos. Esto sugiere que los reactivos "recientes" pudieran ser sostenidos en un almacén temporal de menor duración a aquél donde se almacenan los reactivos iniciales de la prueba. En las tareas de recuerdo serial o capacidad de memoria, el sujeto debe repetir los reactivos presentados según su orden de aparición. La observación de que en el recuerdo de consonantes (aún con estimulación visual) las respuestas

---

\* 1, 2 y 3: citados en Polster y cols. (1991).

erróneas tienden a ser similares en sonido a las correctas, pareció sugerir la existencia de una codificación diferencial (Conrad y Hull 1964). Se cometen más errores al recordar secuencias de reactivos con sonido similar que cuando su sonido es diferente, sin demostrarse una relación con el significado semántico de los reactivos (Baddeley 1966). Al realizar esta prueba con respuesta demorada, se pierde el efecto de la relación fonológica y resulta crucial la asociación por significado. Según estos hallazgos, parecería que la memoria a corto término adopta un código acústico mientras la memoria a largo plazo opera mejor cuando el material novedoso se registra en términos de significado.

### **Hallazgos Neuropsicológicos:**

En algunos pacientes amnésicos, aparentemente incapaces de registrar información novedosa en la memoria a largo término, se encontró una conservación en su capacidad de retener y reproducir elementos presentados secuencialmente tras un breve intervalo de tiempo (capacidad de memoria; Milner 1966) lo que sugirió que la memoria a corto plazo se encontraba preservada. Baddeley y Warrington (1970) demostraron un efecto de lo reciente normal en pacientes con amnesia, mientras Shallice y Warrington (1970) hallaron que, en un grupo de sujetos con lesión de la región perisilviana del hemisferio izquierdo, la memoria a largo término parecía conservada pero había afectación en tareas de capacidad de memoria y ausencia del efecto de lo reciente.

Las evidencias anteriores parecían sustentar el modelo de Atkinson y Shiffrin, pero si la memoria a corto plazo constituyera realmente un paso imprescindible en la cadena del aprendizaje y la cognición, entonces aquellos pacientes con trastornos de esta memoria, tendrían que mostrar dificultades en el aprendizaje a largo plazo, en su recuperación, así como en la comprensión y el razonamiento que dependerían básicamente del sistema de memoria de trabajo a corto plazo. Paradójicamente, existen hallazgos de pacientes con trastornos de la memoria a corto término, que exhiben una adecuada ejecución en tareas a largo plazo y una vida cotidiana casi normal.

### **Memoria de Trabajo:**

Para tratar de explicar esta paradoja, Baddeley y Hitch (1974), manipularon sistemáticamente el sistema de memoria a corto plazo, haciendo que los sujetos repitieran una larga secuencia de dígitos mientras realizaban una tarea de razonamiento (que se asumía dependiente de la memoria a corto plazo). Si efectivamente la realización de ambas tareas dependiera de un sistema único de memoria (en este caso de la memoria a corto plazo) se esperaría que dadas las condiciones experimentales impuestas, se produjera un incremento significativo en las respuestas erróneas. Sin embargo, los resultados mostraron que aunque la velocidad de ejecución sufrió cierto decremento, se mantuvo alto el nivel de aciertos. Este hallazgo sugirió que los sistemas responsables de sostener temporalmente los dígitos y de realizar operaciones simultáneas no eran idénticos, a pesar de tener determinado intersección funcional.

Estos y otros resultados, permitieron a Baddeley y Hitch redefinir el concepto de memoria de trabajo como un constructo que describe el procesamiento realizado en tareas ante las cuales los sujetos deben, simultáneamente, retener información en la mente y realizar alguna operación (o tomar una decisión) con esa información, u otra procesada en paralelo.

Estos autores propugnaron abandonar la idea de un sistema único de memoria de trabajo, proponiendo en su lugar un modelo tripartito formado por un controlador atencional llamado *ejecutivo central*, además de dos sistemas activos esclavos; uno *fonológico*, que mantiene la base hablada de la información, y otro *visoespacial* capaz de mantener y manipular información de este tipo. Apoyados en este modelo, asumieron que los pacientes con afectación en la retención de dígitos tenían un impedimento en el funcionamiento del sistema fonológico, donde el ejecutivo central y el sistema visoespacial no estaban afectados.

#### *Sistema fonológico.*

Posteriormente, Baddeley (1992) describió con mayor detalle el modelo, proponiendo que el sistema fonológico está formado por dos componentes, un almacén breve basado en el habla, que sostiene una huella de memoria que decae en aproximadamente 2 segundos, acoplado con un proceso de control articulatorio. Se presupone que la información auditiva hablada gana un acceso automático al almacén.

Baddeley sugirió que el sistema fonológico juega un papel en la comprensión del lenguaje, dado que pacientes con déficit en la memoria a corto plazo sólo muestran afectación en el procesamiento de oraciones relativamente complejas. Baddeley, Papagno y Vallar (1988) propusieron que una función de este sistema debía ser la de facilitar el aprendizaje fonológico a largo plazo (adquisición de vocabulario novedoso).

En pacientes con esclerosis múltiple, por ejemplo, se han realizado evaluaciones neuropsicológicas con registro de los potenciales relacionados a eventos durante la ejecución de tareas de memoria de trabajo visoespacial y fonológica (Ruchkin y cols. 1994). Tanto los resultados conductuales como los electrofisiológicos, han indicado una mayor susceptibilidad del componente verbal de la memoria de trabajo, demostrando una relativa conservación de la MT visoespacial. Estos resultados han permitido inferir que la disfunción cognitiva de estos pacientes, al menos en parte, se debe al deterioro progresivo que produce la enfermedad en el lazo fonológico (mecanismo de recuperación para la información verbal sostenida en la memoria de trabajo).

#### *Sistema visoespacial.*

Baddeley (1992) postuló por otra parte, que el sistema visoespacial está formado por un almacén breve, con un procesamiento de control responsable de registrar la información visoespacial y de refrescar ésta con la repetición. El almacenamiento aquí puede ser interferido tanto por estímulos irrelevantes presentados visualmente como por procesamiento espacial concurrente. El sistema basado en patrones visuales parece ser particularmente dependiente de los lóbulos occipitales, mientras que el componente espacial parece depender más de un procesamiento parietal.

Actualmente el número de sistemas esclavos de almacenes a corto plazo se supone mayor que dos, pues con tomografía de emisión de positrones (Smith y cols., 1995; Gold y cols., 1996) se ha demostrado que existen diferentes componentes para almacenar a corto plazo información sobre localización en el espacio (neuronas en áreas occipital, parietal y prefrontal derechas) y sobre formas (bien sobre una parte del objeto o bien sobre una característica del objeto entero, en neuronas de las áreas ínfero-temporal y parietal izquierdas).

### *Sistema ejecutivo central.*

Baddeley propuso usar el modelo de Norman y Shallice (1980) de control atencional (*sistema supervisor atencional*; Shallice 1992) como una hipótesis de trabajo para el ejecutivo central. Este modelo asume que la acción puede ser controlada en cualquiera de dos niveles; por la operación de una serie de esquemas existentes, o vía el Sistema Supervisor Atencional que toma control ante tareas novedosas y/o cuando hay necesidad de modificar o eliminar hábitos preexistentes, por ejemplo, cuando hay un peligro amenazante.

El registro de células individuales durante la ejecución de una tarea visual de memoria a corto plazo en monos despiertos, apoyó la hipótesis de que los lóbulos frontales se encuentran involucrados en el control ejecutivo de la memoria (Goldman-Rakic 1988). Para esta autora, la memoria de trabajo resulta fundamental en la comprensión del lenguaje, el aprendizaje y el razonamiento.

Investigaciones recientes en primates no humanos ejecutando tareas de respuesta demorada (Fuster 1995) o de apareamiento ("matching-to sample"), en las cuales se ofrece al inicio de cada ensayo un estímulo muy breve, han detectado neuronas que se activan ante la aparición del estímulo, y esta actividad se mantiene durante todo el tiempo en que es diferida la respuesta. Dependiendo de cuál haya sido el estímulo inicial, las neuronas han sido localizadas en corteza temporal inferior (para patrones visuales o estímulos de color), corteza parietal posterior (visoespaciales), corteza premotora (para estímulos relacionados con determinada respuesta) y corteza prefrontal (para todo tipo de estímulos). El grado de actividad sostenida en las neuronas prefrontales mientras es diferida la respuesta, es mayor que en la corteza temporal inferior y no se interrumpe aunque el mono ejecute otros procesamientos visuales durante este periodo.

Varios estudios de imagenología funcional en humanos durante tareas de MT visual (Ungerleider 1995), han mostrado la presencia de activación sostenida de la corteza frontal directamente relacionada al componente mnémico de la tarea, mientras que la activación occipito-temporal va declinando y está relacionada con los aspectos perceptuales de la misma.

A pesar de estos hallazgos, el papel de los lóbulos frontales en la memoria de trabajo es el aspecto menos estudiado. Dado su tamaño, complejidad y riqueza de conexiones con otras regiones cerebrales, no resultan sorprendentes los resultados contradictorios encontrados en la aplicación de tareas que evalúan las funciones ejecutivas de los lóbulos frontales lesionados. Esto sugiere que el ejecutivo central en sí mismo, necesita ser fraccionado en un número de procesos ejecutivos separados y diseñar tareas para medir esas capacidades, como sería para el caso de los pacientes con Alzheimer quienes muestran una particular afectación en el funcionamiento de dicho sistema.

El modelo de memoria de trabajo de Baddeley, asume que una función muy importante del ejecutivo central es la de coordinar la información que proviene de subsistemas separados. Esta aproximación tiene algo en común con la adoptada por Daneman y Carpenter (1980), quienes definieron a la memoria de trabajo como la capacidad simultánea de retener y procesar información. Ellos diseñaron tareas que combinan almacén y procesamiento, mostrando que la ejecución en ellas parece correlacionar con importantes habilidades cognitivas tales como la

comprensión del lenguaje y la lectura.

Las observaciones clínicas (neurológicas y neuroquirúrgicas) complementan los hallazgos anteriores. A pacientes en los que se estudió la memoria de reconocimiento visoespacial a corto plazo, la remoción quirúrgica del lóbulo temporal (por igual uni y bilateral) o unilateral de amígdala e hipocampo (Owen y cols. 1995), les produjo la pérdida de la capacidad de reconocimiento de patrones, mientras que a los que se les practicó la remoción de uno de los lóbulos frontales se les afectó la memoria de reconocimiento espacial y en un grado mayor si la exéresis era bilateral.

Aunque el paciente con lesión frontal no es amnésico, rinde mal en ciertas pruebas como las de capacidad ("span") de memoria inmediata y las de memoria para el orden temporal de elementos secuenciales (Janowsky y cols. 1989). No está claro si estos rendimientos bajos se deben a un defecto en el uso de estrategias de organización o a una aumentada susceptibilidad a la interferencia (Gershberg y Shimamura 1995). Hoy se reconoce la existencia de un síndrome caracterizado por una afectación selectiva de la memoria verbal de corto término con conservación de las habilidades de aprendizaje verbal, ausencia del efecto de lo reciente y superioridad de la modalidad visual sobre la auditiva para la presentación de tareas de memoria verbal a corto plazo (Shallice y Vallar 1990). Se ha planteado además, que la corteza pre-frontal resuelve las alternativas de acción que compiten entre sí, por medio de procesos interactivos de activación y/o supresión inhibitoria de MT (Roberts y Pennington 1996).

En general, las mediciones de la capacidad de MT exhiben una alta correlación con todas las tareas de razonamiento tradicionalmente usadas para medir inteligencia (Kyllonen y Chrystal 1990). El constructo MT resulta un componente crítico en la arquitectura computacional de los modelos y teorías de los procesos cognitivos de nivel superior (Smith y cols, 1995) pues su limitada capacidad, constituye la principal restricción para la solución de una tarea, o para la comprensión de una oración compleja.

La capacidad limitada de la MT no tiene que ser necesariamente una limitación en la capacidad de procesamiento, sino que puede ser interpretada (Begleiter y cols, 1993) como una economía computacional, un medio para representar eficientemente el mundo externo (o su huella cerebral) utilizando un mínimo de recursos.

### **Modelos alternativos sobre la Memoria de Trabajo.**

Se han desarrollado modelos alternativos al presentado por Baddeley y Hitch respecto a la MT y el trabajo experimental en la misma. Estos constan de un conjunto de aproximaciones teóricas que se inscriben dentro de la línea de pensamiento denominada como "neo-piagetiana", por la decisiva influencia de Piaget, y en particular, de las estructuras lógicas relacionadas a etapas del desarrollo general y cognitivo que fueron propuestas por este investigador. Esta perspectiva, considera al desarrollo de la MT como un factor causal, aunque no único, del desarrollo cognitivo.

La mayor parte de los teóricos del tema, asumen que los estadios generales del desarrollo deben ser definidos preferentemente en términos de "constricciones" o límites superiores (por debajo de

los cuales puede existir una considerable variabilidad individual y ambiental o situacional) más que con relación a la forma que adopta la conducta a través de los distintos dominios. Los límites superiores estarían dados por los límites en la memoria de trabajo, por lo que se acepta la MT como factor causal del desarrollo, aún cuando no todos los modelos Neo-piagetianos propongan explícitamente dicho término (Case 1987, 1992; Dasen y Ribaupierre 1987).

Se han utilizado diversos constructos que podrían considerarse como equivalentes en general, y que designan una capacidad limitada para el procesamiento y manipulación de la información mental en tareas cognitivas. Entre ellos cabría mencionar *MT*; *capacidad atencional*; *espacio-M*; *poder-M*; *atención mental* y *espacio de procesamiento*. El papel funcional de estos constructos sería similar al de la MT en el modelo de Baddeley.

El objetivo principal para el planteamiento de estos términos, no es el de estudiar y disectar subsistemas, conocer como “opera” la memoria de trabajo, o si es o no unitaria, sino el de encontrar referencias que integren el desarrollo alcanzado en pruebas de MT, respecto al desarrollo cognitivo general.

Pascual-Leone (1970, 1984; Pascual-Leone e Ijaz 1989) por ejemplo, describe tres diferentes niveles “anidados” de activación. Primero: cuando entra una información se activa un número determinado de “esquemas” (estructuras o unidades funcionales de sostenimiento de información) vía su propia disposición a ser activadas, o a través de operadores afectivos, lo cual es referido como el “campo de activación general”. Segundo: se crean metas afectivas que activan esquemas ejecutivos; y pueden movilizarse operadores silentes (activadores de esquemas) por un efecto de patrones de coactivación de esquemas. Esto genera un subgrupo de esquemas más altamente activados que son denominados como “memoria de trabajo”. Tercero: dependiendo del tipo de situaciones, se facilitan o inhiben determinados esquemas, donde la inhibición se produce a través de operadores silentes que inhiben activamente grupos de esquemas incompatibles, alguno de los cuales (el de mayor activación residual) conducirá a respuestas erróneas, mientras que en la facilitación, los diferentes grupos de esquemas activados conducen a respuestas correctas. Finalmente, un grupo de esquemas deberá ser activamente inhibido, mientras el otro requerirá de activación suplementaria (*hiperactivación*). El contenido de este último subgrupo, es decir, el tipo y naturaleza de los esquemas hiperactivados representarán la “*capacidad atencional*” del sujeto o “*atención mental*”.

La capacidad atencional, por tanto, dependerá al menos de tres factores: capacidad mental (*poder-M*), referida a la cantidad de esquemas relevantes que podrían incrementar su nivel de activación; operador inhibitor, responsable de la inhibición activa de esquemas irrelevantes o menos importantes; así como de la existencia de esquemas de tipo ejecutivo, capaces de planificar y programar acciones, además de controles regulatorios.

### **Influencia de otros factores en las tareas de MT.**

Tal como hemos visto, muchos de los postulados expuestos sobre la memoria de trabajo parten de la interpretación de resultados experimentales obtenidos durante la ejecución de diferentes tareas psicológicas, algunas especialmente diseñadas para la exploración de este constructo. Esto resalta la necesidad de considerar la probable influencia de otras variables sobre la ejecución de tareas de MT.

Se han propuesto varios factores que podrían introducir modificaciones en el rendimiento conductual para las tareas de memoria de trabajo como son la variabilidad inter-individuos, la edad, el sexo, la carga perceptual y/o de memoria, la motivación y la influencia de los ritmos biológicos entre otros.

Con relación a las diferencias individuales, Just y Carpenter (1992) señalaron que tanto el procesamiento como el almacenaje son mediados por la activación y que el total de recursos de activación disponibles en la memoria de trabajo varía entre los individuos. Las diferencias individuales en la capacidad de la memoria de trabajo para el lenguaje, podría explicar parte de la variabilidad cualitativa y/o cuantitativa en los adultos jóvenes, en cuanto a varios aspectos de la comprensión del lenguaje como la modularidad sintáctica (en algunos individuos su capacidad les permite interacciones entre la información sintáctica y pragmática) y la ambigüedad sintáctica (algunos sujetos sostienen múltiples interpretaciones). Estos autores señalan que los individuos presentan diferencias cuantitativas en la velocidad y eficiencia con la que comprenden el lenguaje.

Para Just y Carpenter, la memoria de trabajo tiene un papel central en todas las formas de pensamiento complejo incluyendo la comprensión lingüística. La función de la MT en la comprensión del lenguaje, involucra el procesamiento de una secuencia de símbolos producidos y percibidos simultáneamente. La MT podría desempeñar un papel crítico en el almacenamiento de los productos intermedios y finales que el escucha o lector construye e integra del caudal de palabras sucesivas de un texto o discurso hablado. La MT por tanto, puede ser vista como el acervo de recursos operacionales que constituyen el procesamiento simbólico y generan productos intermedios y finales, de modo tal, que no sólo comprendería el almacenamiento de información para su recuerdo posterior, sino el almacenamiento de resultados parciales en una compleja secuencia de operaciones tales como las involucradas en la comprensión del lenguaje.

Se ha planteado que las funciones normativas de rendimiento se hallan mediadas por las diferencias individuales (Kerkhof 1985) y los ritmos biológicos parecen desempeñar un importante papel en la expresión de estas diferencias durante la ejecución de tareas cognitivas. Los cambios en el nivel de alertamiento basal a través del día están relacionados negativamente con las variaciones en la memoria inmediata (Folkard y Monk, 1980). En tareas de memoria de trabajo se ha observado una ejecución diurna que se incrementa rápidamente en las primeras horas de la mañana, alcanzando los niveles superiores al mediodía para luego disminuir progresivamente hasta las últimas horas de la tarde en las que se constatan los peores rendimientos (Adan, 1995). Un factor a considerar es la dimensión de matutinidad. Los sujetos se clasifican en *matutinos*, *intermedios* y *vespertinos* en función de su valoración auto-reportada a un cuestionario (Adan y Almirall 1990), cuya fiabilidad y validez se ha constatado tanto en parámetros fisiológicos (Wilson 1990; Adan 1991) como psicológicos (Larsen 1985; Adan y Almirall 1990). Los sujetos *matutinos* presentan un avance de fase respecto a los *vespertinos*, que en función de la prueba seleccionada oscila entre 2 y 12 horas. Se han reportado patrones diurnos diferentes para ambos sexos (Adan 1991; Mecacci y cols. 1991).

Otro factor que influye sobre el rendimiento en las tareas de memoria es la edad de los sujetos. La creencia de que la memoria declina con la edad está basada en estimaciones subjetivas de la sociedad en general y es apoyada también por estudios experimentales en sujetos de diferentes

edades (Craik 1977, 1984; Huppert 1989). Sin embargo, se ha cuestionado si las diferencias observadas entre grupos de sujetos de distinta edad (adultos jóvenes entre 16 y 20 años vs adultos de 60 a 80 años) pudieran atribuirse totalmente al envejecimiento o son en parte debidas a las diferencias en cuanto al nivel de educación, experiencia reciente en situaciones de evaluación, estado de salud, actividades sociales e intelectuales, motivación, u otras.

La habilidad para permanecer alerta y enfocar la atención en eventos ambientales constituye la base del concepto de vigilancia. Se han reportado resultados contradictorios en cuanto a las diferencias relacionadas a la edad para la ejecución de tareas de atención sostenida. Algunos autores plantean un mejor rendimiento en los sujetos jóvenes (Harkins y cols. 1974; Davies y Davies 1975), otros encuentran que los adultos de mayor edad muestran un menor decremento temporal en el sostenimiento de la atención (Tomprowski y Tinsley 1996), mientras algunos sostienen la inexistencia de diferencias entre distintos grupos de edades (Neal y Pearson 1966; Tune 1966). Davies y Parasuraman (1982) al revisar varias de estas líneas de investigación concluyeron que la atención sostenida podría afectarse en la medida que se incrementen las demandas en la capacidad de procesamiento.

En la ejecución de tareas cognitivas de atención sostenida con demanda de memoria, las teorías sobre el procesamiento de la información predicen que en aquellos individuos donde exista una limitada capacidad atencional o habilidades ineficientes en la memoria de trabajo (lo cual debe suceder en los adultos de avanzada edad) obtendrán rendimientos más pobres en la tarea (Hartley 1992). Se ha reportado que los niveles de atención sostenida son menores en los individuos más "viejos" respecto a los adultos jóvenes, en la medida en que se incrementan las demandas de procesamiento en las tareas. Esto se logra ya sea a través de variar la frecuencia de aparición del estímulo blanco o introduciendo niveles diferenciales de degradación de los estímulos (Parasuraman y cols. 1989; Deaton y Parasuraman 1993).

No sólo la carga perceptual o atencional influye el rendimiento conductual en las tareas de memoria de trabajo. Just y Carpenter (1992) encontraron una alta correlación positiva entre la capacidad de MT para el lenguaje y la ejecución en tareas de comprensión verbal, principalmente en aquellas que involucraban una elevada demanda de recursos de memoria. En contraste, no hallaron correlación entre la capacidad pasiva de la memoria a corto plazo (retención de una lista de números o palabras no relacionadas) y la comprensión del lenguaje.

En este sentido resulta interesante el resultado experimental obtenido por Sammer (1995) al estudiar medidas dinámicas no lineales (dimensiones de correlación) del electroencefalograma bajo diferentes cargas de MT: al pasar de carga ligera a moderada, en todos los sujetos aumentó el estimado de dimensiones de correlación, pero en algunos sujetos el paso de carga moderada a alta provocó lo contrario, o sea, disminución.

En cuanto a la motivación, en particular la extrínseca, se ha reportado una leve pero consistente mejoría en el rendimiento conductual de los sujetos en tareas de atención sostenida, aunque sin cambios significativos en cuanto a la ejecución de tareas de memoria (Tomprowski y cols. 1993). Sin embargo, usando tareas de MT con recompensa económica, Gómez Velázquez y colaboradores (1999), encontraron un incremento significativo en el rendimiento para la tarea

recompensada, y lo que denominaron como "aprendizaje motivado" (mejoría en el rendimiento conductual posterior a la ejecución de la tarea motivada).

### **Estudios electrofisiológicos de la memoria.**

Se han reportado pocos indicadores fisiológicos no cerebrales del funcionamiento de la MT, como es el caso del cambio de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (componente de la banda media a 0,1 Hz; Redondo y Del Valle-Inclán 1992).

Se conoce que los procesos involucrados en la MT pueden operar en una escala temporal del orden de las fracciones de segundo. Dada su alta resolución temporal, el registro y medición de la actividad eléctrica cerebral, en especial los potenciales relacionados a eventos, podrían ser aplicados a su estudio, particularmente aquellos presentes como respuesta a los estímulos de paradigmas cognitivos especialmente diseñados como tareas de MT (Gevins y Cutillo 1993).

Atendiendo a la naturaleza de los datos, las metodologías para su obtención y el tipo de procesamiento y análisis empleados, pudiéramos considerar dos extensas áreas de trabajo en este tema;

#### *Electroencefalograma.*

El electroencefalograma (EEG) ha reportado cambios en la distribución e intensidad de frecuencias específicas en diferentes regiones cerebrales, durante el establecimiento y ejecución de respuestas aprendidas en tareas que involucran procesos de memoria.

Para tratar de evidenciar la activación secuencial de diferentes áreas cerebrales probablemente involucradas en los procesos de codificación, almacenamiento y recuperación de la memoria, se desarrolló una metodología experimental conocida como "*estrategia de huella*" ("*tracer strategy*"; John 1968).

Un ejemplo de esta técnica, fue la aplicación de una tarea visual de ejecución sostenida con presentación de estímulos modulados a determinada frecuencia (4 Hz; "*tracer stimuli*"), donde se halló que el oscilador de esta frecuencia (a bajo nivel de exigencia en la tarea) se hallaba sobre la región temporal posterior y parietal del hemisferio derecho. Cuando se incrementó la dificultad, aumentó la energía espectral del EEG en la misma frecuencia y localización topográfica. Una tarea idéntica, pero de presentación auditiva, mostró iguales resultados pero en áreas centrales y temporales anteriores. La combinación de ambas con presentación multimodal, demostró activación en regiones temporal posterior y parietal del lado derecho, bitemporal anterior y áreas centrales, así como un extenso incremento de la energía en los lóbulos frontales, con relación al tipo de estimulación usada (John y Easton, 1995).

Usando la misma metodología, pero en tareas de apareamiento retardado, se reportaron diferentes patrones de activación con una gran variabilidad inter-sujetos. Los autores sugieren que esto se explica por la diversidad en los estilos cognitivos y las estrategias individuales (John y cols. 1996).

Los cambios en la actividad alfa del EEG (en particular su reducción), se han señalado como buenos indicadores de la actividad cognoscitiva por ser incluso distinguibles a la inspección visual del trazado. Con el fin de analizar el curso temporal de la desincronización del alfa, Pfurtscheller y Aranibar (1977) describieron un procedimiento basado en el filtraje del EEG en bandas estrechas de frecuencia, la obtención del cuadrado de sus valores y una promediación posterior relacionada a eventos externos o internos, al que denominaron "*desincronización relacionada a eventos*".

Usando este método, se ha reportado la activación de extensas áreas cerebrales de ambos hemisferios ante la ejecución de tareas de memoria como las de clasificación semántica o numérica (Klimesch y cols, 1988, 1990). En una tarea de discriminación verbal, se encontró que la atención influyó en las características de desincronización del EEG, confirmando diferencias en la activación de patrones entre sujetos jóvenes (más amplios y extensos) con respecto a ancianos (Dujardin y cols, 1994). En tareas de reconocimiento verbal y visoespacial, también se demostraron efectos de la edad similares a los descritos en el experimento anterior, así como efectos dependientes del tipo de tarea (desincronización más difusa en la tarea visoespacial) y de su complejidad (diferencias según el grado de dificultad en la tarea verbal; Dujardin y cols, 1995).

El fenómeno opuesto al anteriormente referido ("*sincronización relacionada a eventos*"), consiste en el incremento en la amplitud de la actividad alfa o beta que se sincronizan en forma de husos, indicando la "*ociosidad*" de ciertas áreas durante la ejecución de una tarea.

Krause y colaboradores (1995), vincularon directamente la sincronización relacionada a eventos y los procesos de memoria. Estos autores encontraron una actividad entre 8-10 Hz que resultaba más diseminada y de mayor duración que la de 10-12 Hz, si se encontraba sincronizada con el estímulo de aviso (visual o auditivo). Sin embargo, cuando se relacionaba con la presentación de un conjunto a memorizar, la sincronización de 10-12 Hz se prolongaba y era más diseminada que en la banda de 8-10 Hz.

Lebedev (1994), propuso estudiar la frecuencia dominante de las oscilaciones cíclicas en los focos de ritmo alfa, así como el periodo refractario de las mismas en el EEG de reposo, para poder determinar la capacidad y velocidad de la memoria de trabajo, bajo el supuesto, de que a mayor frecuencia y menor periodo del estado refractario, mayor sería la capacidad y velocidad de la memoria.

No siempre los hallazgos del EEG son fácilmente interpretables. Se ha reportado un incremento en la actividad de bandas lentas tanto ante el aumento en la dificultad de una tarea, como para la condición de reposo (Makeig e Inlow 1993; De Toffol y cols, 1990). Se ha observado también un aumento de actividad lenta, en paradigmas de producción de frases estereotipadas (Alcaraz y cols. 1992) y en la ejecución de tareas de cálculo mental (Fernández y cols. 1995).

Gevins y cols (1997), usando mapas de alta resolución, reportaron un incremento en el ritmo theta frontal (sobre la línea media), ante el aumento en la dificultad de una tarea de comparación de atributos verbales y espaciales. Con ajuste de dipolos, se señaló a la corteza cingulada anterior como responsable de este cambio. También encontraron un decremento parieto-central de alfa

(en sus frecuencias más lentas) y atenuación occipito-parietal (frecuencias más rápidas de alfa; versión espacial de la tarea) relacionados al aumento de la carga en memoria de trabajo. La práctica en la ejecución de la tarea, produjo un incremento de theta y alfa.

Investigaciones sobre el EEG en modelos animales, han podido revelar la modulación funcional que el área septal medial y el núcleo basal magnocelular (NBM) tienen sobre la memoria de trabajo. Se ha demostrado que la actividad rítmica en la vía septo-hipocampal, refleja procesamiento en la memoria de trabajo no espacial en las ratas. Así mismo, el NBM parece desempeñar un papel crítico tanto para la memoria de trabajo como para la memoria implícita (Givens y Olton, 1994).

Se ha estudiado además, la relación entre la memoria de trabajo y la actividad neural en el giro dentado. Se encontró una reinicialización de la actividad rítmica de este giro, simultánea a la presentación del estímulo en tareas de memoria de trabajo, pero sin mostrar cambios cuando las ratas ejecutaban tareas de memoria referencial. Estos resultados, sugieren que la reinicialización del ritmo theta provocada por estímulos relevantes desde el punto de vista conductual, podría ser de importancia en tareas de memoria de trabajo (Givens 1996).

#### *Potenciales Relacionados a Eventos.*

Los Potenciales Relacionados a Eventos (PRE), constituyen una serie de picos o componentes de voltaje, que se encuentran inmersos en el electroencefalograma, en relación temporal específica con determinados eventos sensoriales, motores o cognitivos. Son potenciales de campo que devienen de la actividad sincronizada de poblaciones neurales relacionadas al procesamiento de la información en cuestión.

Se ha planteado que los PREs proporcionan más información acerca de la multiplicidad de niveles del procesamiento cognitivo, que la obtenida a partir de las medidas conductuales (McCarthy y Donchin 1981). Donchin y cols (1988) definieron un componente, como un conjunto de cambios de potencial que pueden estar relacionados funcionalmente con una variable o con la combinación de algunas variables experimentales. El punto esencial, es que se asume la existencia de un componente, sólo si se demuestra que este varía sistemáticamente en función de alguna variable independiente.

La clasificación de los PREs es múltiple; entre otras:

- Exógenos vs Endógenos: Los PREs exógenos resultan muy vinculados a las características físicas de la estimulación, tienen latencia más corta y son relativamente independientes del estado de conciencia del individuo. Los endógenos mientras tanto, se relacionan estrechamente con las demandas de procesamiento de información de las tareas, el significado del estímulo y el estado de conciencia del sujeto.
- Evocados vs Emitidos: Los primeros se desencadenan en respuesta a un estímulo físico, y los emitidos ocurren en ausencia de este, durante la preparación de un acto motor o con relación a un acto cognitivo o perceptual. Los PREs evocados pueden ser tanto exógenos como endógenos mientras los emitidos son casi siempre endógenos.

- Transientes vs Sostenidos: Los PREs transientes se originan por el cambio en la estimulación y los sostenidos por la continuidad del estímulo.

Con relación a la nomenclatura, se han diseñado varias formas de denominar los PREs. El procedimiento más común es el de nombrar los picos y valles de los potenciales de acuerdo a sus latencias y polaridades, aunque también en referencia a su distribución topográfica, la localización de fuentes generadoras, así como la función probable del pico en cuestión. El componente P300 por ejemplo, resulta una deflexión *positiva* de voltaje que ocurre sobre los 300 milisegundos posteriores al estímulo desencadenante, mientras que la CNV (*variación contingente negativa* u *onda expectancia*), refleja un cambio negativo sostenido de preparación y/o anticipación a la emisión de una respuesta motora, detección de señal, presentación de un estímulo informativo o incluso a la toma de una decisión cognitiva (Hillyard y Picton 1989).

Teniendo en cuenta las polaridades, los sitios de localización preferente y su relación con el procesamiento cognitivo, en una tarea con presentación de una secuencia de estímulos auditivos por ejemplo, se podrían distinguir los potenciales P1, N1, P2 (componentes de vértex relacionados a las características físicas del estímulo), Nd, N2, P300 y SW (componentes endógenos relacionados a la tarea).

Los PREs se han asociado con el procesamiento cognitivo y en particular con el estudio de la estructura interna de las secuencias del procesamiento de la información en sus distintas etapas. Al igual que el EEG, los PREs han sido evaluados en sujetos normales, sujetos portadores de patologías específicas, así como en modelos animales.

Probablemente el componente de los PREs que ha sido más estudiado sea P3. Esta es una onda positiva entre los 300 y 800 ms de latencia, con una distribución córtico-cerebral característica, y cuya amplitud se incrementa antero-posteriormente desde las áreas frontales hacia las parietales. El componente P300 ocurre típicamente ante estímulos que resultan infrecuentes y/o significativos para el sujeto. Una de las hipótesis mejor aceptadas acerca de los procesos psicológicos que subyacen a la aparición del componente P300 es el modelo de actualización del ambiente (Donchin y Coles 1988). Se consideran procesos de metacontrol a los cuales concierne el mantenimiento de una representación propia del ambiente. Se usa esta representación para la evaluación de la información de entrada y para la selección de la respuesta, de modo que cuando el ambiente cambia, el modelo debe ser revisado. Como el ambiente se encuentra en continuo cambio, el modelo debe estar bajo continua revisión. La gran sensibilidad de la P300 a la probabilidad de los eventos sugiere que este componente está asociado al mantenimiento del modelo y por lo tanto a “tareas requeridas para el mantenimiento de la memoria de trabajo” (Donchin y Coles 1988). Una hipótesis alterna sugiere que el componente P300 refleja el “cierre” de eventos perceptuales (Desmedt 1981; Verleger 1988) aunque esta propuesta no ha ganado una amplia aceptación.

El componente P300 se produce ante diversos diseños experimentales (Hillyard y Picton 1989) en los que se requiere de la actualización del contexto en la memoria. Uno de estos paradigmas es el “odd-ball”, en el cual se le pide al sujeto que detecte la presencia del estímulo blanco en una

secuencia aleatoria de dos o más estímulos (blanco y no blanco) con diferente probabilidad de ocurrencia.

Las características del componente P300 varían según la tarea que lo origina. Se obtiene esta positividad en el paradigma de Sternberg (1966); (Adam y Collins 1978; Pratt y cols. 1989; Barnea y cols. 1994; Pelosi y cols. 1995). En esta tarea se le pide al sujeto que recuerde un conjunto de números presentados secuencialmente y luego se le presenta un dígito-prueba al cual debe responder si pertenece o no al conjunto anterior. Pratt y colaboradores (1989) hallaron un incremento lineal de las latencias del componente P300 con relación al aumento en el tamaño del conjunto. Esto les permitió inferir que dicho componente (en el paradigma de Sternberg), reflejaba el acceso y búsqueda en memoria a corto plazo y que dicha búsqueda resultaba exhaustiva. Concluyeron entonces que la P300 registrada en la tarea de Sternberg se asocia a la búsqueda en memoria a corto plazo mientras que la que aparece en las tareas “odd-ball” puede estar relacionada con la actualización del ambiente propuesta por Donchin y Coles.

Bentin y Moscovitch (1990) registraron los PREs ante una tarea de reconocimiento de palabras previamente estudiadas. Ellos observaron una diferencia entre los PREs a las palabras estudiadas y las nuevas concluyendo que los PREs eran sensibles a la recuperación activa. Rugg (1987), registró los PREs durante la presentación de palabras reales en una secuencia de no-palabras, observando que la P3 a las palabras conocidas, fue de mayor amplitud que la obtenida ante palabras nuevas.

Leiphart y colaboradores (1993), examinaron las diferencias entre la memoria implícita y la explícita usando los PREs y controlando factores emocionales a través de dos tareas; identificación de palabras (la mitad de la lista de estímulos había sido previamente estudiada) y tomar la decisión de si había habido o no exposición previa para cada palabra de otra lista similar. Encontraron que la amplitud de P3 fue mayor para las palabras expuestas que para las “nuevas”, independientemente de la respuesta conductual obtenida.

Las asociaciones del componente P3 con la evaluación cognitiva sobre la relevancia informativa de un estímulo (memoria de reconocimiento), han permitido incluso explorar sus cambios en modelos experimentales de simulación de amnesia, a través de la comparación de información autobiográfica con material de reciente adquisición (Ellwanger y cols. 1996).

Estudiando pacientes amnésicos, O'Donnell y colaboradores (1993), registraron los PREs con estimulación auditiva usando un paradigma clásico de “odd ball”. Hallaron una reducción en la magnitud de los componentes N1 y N2 situados en el lóbulo temporal derecho con orientación distorsionada en sus dipolos ante la lesión bilateral de las regiones medial temporal y frontal basal, mientras que en presencia de lesión de la región medial temporal izquierda que involucraba hipocampo y amígdala posterior, observaron cambios en las magnitudes de los dipolos correspondientes a los componentes P2 y P3. Este hallazgo muestra una disociación de los componentes de los PREs auditivos en presencia de lesión de áreas cerebrales diferentes.

La idea de que los potenciales relacionados a eventos podían caracterizar exhaustivamente los distintos pasos en el proceso de búsqueda “*en serie*” en la memoria a corto plazo (Sternberg

1969a), ha sido puesta en duda recientemente. Kotchoubey y colaboradores (1996), usando dígitos como estímulos, encontraron una negatividad fronto-central seguida de un potencial positivo parietal sobre los 400 ms (P400). Las variaciones de amplitud y latencia de ambos componentes se relacionaron al tamaño del conjunto en memoria en las condiciones de “*menor carga*”, observándose resultados discrepantes en cuanto a los tiempos de reacción cuando esta carga era mayor.

La variación lenta que ocurre antes del componente tardío positivo, incrementa su amplitud ordenadamente según la carga de memoria en la tarea (“negatividad de procesamiento”; Okita y cols. 1985) sugiriendo una relación de este componente negativo con los procesos de búsqueda temprana en memoria.

Lang y colaboradores (1992) mostraron que tanto la modalidad del estímulo, como el tipo de estrategia de búsqueda en la memoria, tuvieron efectos significativos sobre la amplitud y distribución topográfica de la variación lenta negativa que precedió al estímulo-prueba. Se ha planteado que el componente negativo que precede a un estímulo-prueba, está más relacionado a la expectación temporal por la aparición del estímulo que a los procesos de memoria. Sin embargo, la variación lenta negativa que sigue a dicho estímulo, ocurre solamente en las tareas de memoria (Starr y cols. 1996).

Scheffers y Johnson (1994), mostraron una relación inversa entre la amplitud del componente P3 y la carga en memoria, probablemente debida a la superposición de la onda lenta negativa, pero esto sucedió en distribuciones topográficas diferentes, por lo que quizás estos resultados correspondan a la influencia de partes distintas de un generador o a la presencia de varios generadores de dicha actividad neural.

Chao y colaboradores (1995), reportaron que durante una tarea de reconocimiento de memoria auditiva, hallaron evidencias de dos sistemas neurales diferentes involucrados en el procesamiento del estímulo auditivo no verbal; uno asociado a la rápida detección del sonido (neocortical; P3) y otro vinculado a la repetición demorada de los sonidos (componentes P3 y N4), que tal vez requiera de mecanismos de búsqueda en memoria de tipo cortical y límbico con largos periodos de retención. Además, se encontró una negatividad lenta frontal sostenida, que no apareció en los estudios de memoria a corto término visual. Se presume por tanto, que la modalidad de memoria auditiva a corto plazo involucra diferentes circuitos neurales a la modalidad visual.

En una tarea de detección de barras verticales, se aisló una negatividad de larga duración distribuida topográficamente en regiones temporo-occipitales, que mantenía su amplitud hasta la emisión de la respuesta cuando se requería de memorizar y retener la localización espacial (Martin-Loeches y cols. 1994).

Usando estímulos lingüísticos (oraciones), Gunter y colaboradores (1995), emplearon distintos niveles de demandas en memoria de trabajo, tanto en sujetos jóvenes como de mediana edad. Encontraron que los sujetos mayores, tenían respuestas más demoradas, retardo en la latencia del componente N400 y disminución en su amplitud. También hallaron en los PREs, una

positividad en el medio de la oración con una negatividad al final, y plantearon que estas variaciones podrían deberse a los procesos de almacenamiento y recuperación de memoria. La mayoría de los efectos de los PREs se asociaron a la capacidad en la memoria de trabajo.

Varios estudios de la MT han usado las tareas de apareamiento retardado en un diseño en el cual se sostiene un estímulo (S1) en la memoria, para compararlo con otro estímulo subsecuente (S2). Durante el intervalo S1-S2, las negatividades lentas en los PREs varían, tanto con el tipo como con la cantidad de material que se “guarda” temporalmente en la memoria. Una interpretación consiste en que estas negatividades lentas reflejan operaciones de memoria de trabajo. La explicación alternativa es que sólo muestran un estado de procesamiento preparatorio general que antecede a la respuesta a S2.

Ruchkin y colaboradores (1995), usaron dos tareas de procesamiento visual que requerían igual preparación para S2. En una de ellas se requería de procesos de recuperación en memoria visual. Durante el intervalo S1-S2, se demostraron diferencias significativas en las amplitudes, topografías y el efecto de la carga de información sobre los componentes lentos obtenidos ante ambas tareas lo cual apoyó la explicación relacionada con la presencia de operaciones en la memoria de trabajo.

La obtención de potenciales diferencia (ondas diferencia), se ha convertido en un procedimiento metodológico usual para el examen de diferencias electrofisiológicas originadas por la manipulación experimental de una variable o condición de procesamiento de la información. Habitualmente consiste en la representación de la resta aritmética de dos respuestas electrofisiológicas (PREs) correspondientes a estados de procesamiento "basal", a las diferencias entre una condición "basal" y una "activa", o incluso entre dos condiciones "activas" de procesamiento.

Honda y colaboradores (1996), estudiaron un paradigma de asociación de pares de figuras previo entrenamiento, y hallaron dos componentes de los PREs en las ondas diferencia, aparentemente relacionados con la memoria: un componente positivo posterior entre 390 y 1100 ms después de la presentación de S1; y una negatividad frontal sostenida que comenzaba sobre los 1100 ms después de S1 y terminaba justo antes de la presentación de S2. Ambos componentes predominaron sobre el lado izquierdo. Postularon que el primero podría reflejar el proceso de recuperación desde la memoria asociativa y el segundo la retención de información en memoria de trabajo.

Un estudio sobre las diferencias entre los procesos de memoria de trabajo relacionados con el reconocimiento de objetos y localizaciones espaciales (Mecklinger y Pfeifer 1996), mostró una relación de las dos tareas con la “carga” de memoria, distinguiendo un retardo en la latencia del componente lento negativo resultante en ambas, de hasta 2000 ms para el procesamiento de objetos (con máximo en región temporal inferior izquierda), con relación al procesamiento de localización espacial (máximo en regiones parieto-occipitales). En un estudio posterior se plantearon evidencias que sugerían la presencia de diferentes patrones espacio-temporales en la actividad cerebral relacionados probablemente con diferentes almacenes (para procesamiento de objetos e información espacial) en la memoria de trabajo (Ruchkin y cols. 1997).

También han sido estudiados los PREs en sujetos epilépticos durante la ejecución de tareas de memoria de trabajo. Grippo y colaboradores (1996) reportaron una reducción en la amplitud del componente N170, retraso y atenuación del componente N290, así como un cambio positivo en el intervalo entre 262 y 315 ms, en pacientes con epilepsia del lóbulo temporal y bajos rendimientos conductuales en estas tareas.

### **PREs, cognición y desarrollo ontogenético.**

Resulta particularmente interesante la formación y consolidación de los procesos atentos y de la memoria desde el punto de vista electrofisiológico durante el desarrollo.

En general, los componentes endógenos de los niños se caracterizan por largas latencias de sus picos y una mayor duración total de los PREs a diferencia de los observados en adultos. Esto ha sido explicado por un cierto retraso en el procesamiento cognoscitivo en la infancia (Harmony 1989). Sin embargo existen también diferencias en la forma de ondas y la distribución topográfica de algunos componentes en dependencia de la tarea (Courchesne 1977). Esto se ha atribuido a diferencias (relacionadas con la edad) en la calidad o modo de procesamiento de la información asociadas a disimilitudes en la geometría o localización del generador cerebral (Friedman y cols., 1984; Kok y Rooijakkers 1985; Fuster 1995).

Neville y colaboradores (1984) postularon que el desarrollo sináptico continúa al menos hasta los 16 años de edad, y que los cambios de los PREs en este periodo, señalan tanto la maduración estructural, como el proceso de organización funcional de los sistemas neurales durante el desarrollo, más aún, los PREs parecen reflejar las alteraciones de dicho desarrollo neural cuando aparecen experiencias anómalas tempranas.

En tareas de detección de estímulos simples (blanco) o de tipo "odd-ball" se ha reportado que niños de incluso 5-6 años de edad, muestran un componente positivo lento complejo que incluye una P300 posterior y componentes lentos asociados en la respuesta a los estímulos infrecuentes (Courchesne 1978). La latencia de la P300 en niños pequeños resulta mayor que la de los adultos, sin embargo, decrece progresivamente como función de la edad hasta alcanzar valores similares al adulto hacia el final de la adolescencia. Se ha planteado que este decrecimiento en la latencia paraleliza el desarrollo del "span" o capacidad de almacenamiento en memoria (Howard y Polich, 1985).

La exploración de las capacidades perceptuales y discriminativas en el periodo pre-lingüístico ha llevado a desarrollar paradigmas experimentales con este fin. El uso de estímulos visuales complejos ha permitido detectar PREs que parecen específicos de etapas muy tempranas del desarrollo ontogenético. Tal es el caso del complejo lento [componente negativo tardío de distribución frontal (Nc) y componente positivo subsiguiente (Pc)] que aparece en niños entre 4 y 7 meses de edad ante la presentación de figuras con sentido y patrones visuales inespecíficos o en el caso de secuencias de estimulación consistentes en dos caras donde una de ellas tiene una presentación infrecuente (Courchesne y cols., 1978, 1981). Llama la atención que este complejo Nc-Pc, es reemplazado en los adultos por un componente P300 de distribución frontal ante la presentación de estímulos visuales de carácter novedoso (Courchesne y cols., 1978).

Existen hallazgos que apoyan una rápida estructuración de los mecanismos de uso de MT en tareas de lectura en niños recién escolarizados (González-Garrido y cols, 1997).

En un estudio previo en escolares sanos, González-Garrido y colaboradores (1999) usaron una tarea de atención sostenida (CPT) con dos niveles: en la primera (subtipo X) se les pedía a los sujetos que detectaran una letra blanco (“target”) de presentación infrecuente (20/80); en la segunda (A-X), tenían que realizar la misma detección, pero se les presentaba un estímulo a modo de contexto “útil” (letra A) que podía preceder la letra blanco (20/80), u otra letra (20/80). Desde el punto de vista conductual, hallaron una disminución de los tiempos de detección del estímulo blanco en el nivel 2 respecto al nivel 1 de la tarea. En los PREs de los dos niveles, se obtuvieron positividades de gran amplitud en las condiciones infrecuentes, pero en el nivel 2 se observó un pico agudo de mayor voltaje sobre los 320 ms, con relación a una positividad más lenta, sostenida (retardo de 80 ms) y de menor voltaje para las infrecuentes del nivel 1. No encontraron diferencias significativas entre las condiciones de presentación frecuente. Basados en este último hallazgo, obtuvieron la onda diferencia entre las condiciones infrecuentes de ambos niveles, y encontraron un pico positivo de gran magnitud a los 300 ms (que denominaron P3d) cuyo máximo voltaje aparecía en la región parietal derecha. Se interpretó esta diferencia, como expresión de los recursos neurales destinados a la actualización en MT de la imagen de la letra blanco (desencadenada por la aparición de la señal contextual de aviso). Una de las interpretaciones posibles de estos resultados, sugiere una disociación electrofisiológica parcial entre los componentes atentos y los recursos intrínsecos de memoria, que requeriría de la implementación de tareas con carga diferencial en ambos sentidos para poder ser esclarecida.

Los hallazgos referidos, la vasta variedad de trastornos de atención y memoria en sujetos que inician su etapa escolar, así como las escasas referencias sobre el estudio de los PREs para tareas de MT en la infancia, justifican por sí mismos el interés de explorar conductual y electrofisiológicamente la ejecución de tareas de MT en niños.

## ***PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.***

El constructo Memoria de Trabajo representa la modificación y extensión de un concepto previo (memoria a corto plazo) y difiere de este en dos aspectos principales: a) no se considera un módulo unitario sino compuesto por varios subsistemas; b) el papel funcional que desempeña en tareas cognitivas complejas como el aprendizaje, el razonamiento y la comprensión.

En este tipo de memoria se ha postulado la activación de sustratos neurales de diferente localización en el Sistema Nervioso Central, en estrecha relación con el tipo de procesamiento requerido por la tarea psicológica aplicada.

No ha sido completamente explorado el comportamiento de este constructo en edades tempranas de la vida. El vínculo particular entre la memoria de trabajo y el aprendizaje, así como la considerable cantidad de desviaciones patológicas descritas durante el proceso del desarrollo, enfatizan la necesidad de estudiar la ejecución de tareas que involucren esta modalidad de memoria en niños.

Nuestros hallazgos previos, señalan la posibilidad de que los componentes de los PREs evidencien relaciones con los recursos atencivos, diferentes a sus relaciones con los recursos de memoria viso-verbal en una muestra de niños en edad escolar. De ser esto cierto, se tendría que aplicar un diseño experimental que comprendiera tareas viso-verbales de MT con diferente carga perceptual y de memoria tanto en niños como en adultos, para poder comparar los resultados obtenidos en los dos grupos, e interpretarlos con relación a los reportes en la literatura (básicamente referidos a adultos), esperando poder correlacionar los cambios electrofisiológicos obtenidos, con procesos específicos del procesamiento en MT.

***HIPÓTESIS.***

Durante la ejecución de tareas viso-verbales de MT por niños y adultos jóvenes, el aumento en la demanda de recursos de memoria de trabajo y el incremento en la demanda de recursos atencivo-perceptuales, se reflejan de manera diferente en los tiempos de reacción (TR; o su variabilidad) y en los componentes de los PREs.

## ***OBJETIVOS.***

### ***GENERAL:***

- Demostrar que el aumento en la demanda de recursos de memoria de trabajo y/o atencivo-perceptuales en tareas viso-verbales de MT, modifica las respuestas conductuales (TR) y electrocerebrales (componentes de los PREs) en los grupos estudiados.

### ***ESPECÍFICOS:***

- Describir las respuestas conductuales y electrocerebrales de un grupo de niños y un grupo de adultos jóvenes sanos al ejecutar tareas de atención sostenida y MT viso-verbal.
- Determinar y comparar las modificaciones producidas por el aumento de la carga de MT, en las respuestas conductuales y electrocerebrales de los niños y adultos estudiados, al ejecutar una tarea de memoria viso-verbal.
- Determinar y comparar las modificaciones producidas por el incremento en la demanda de recursos de atención y discriminación perceptual, en las respuestas conductuales y electrocerebrales de los grupos en estudio al ejecutar una tarea de memoria viso-verbal.

## **METODOLOGIA.**

### ***Sujetos:***

Se seleccionó una muestra compuesta de 2 grupos (I y II) de 15 sujetos cada uno del sexo masculino:

Grupo I: entre 11 años y 11 años 11 meses ( $X = 11.7$ ). Estudiantes del 6to Grado de primaria regular.

Grupo II: entre 23 y 23 años 11 meses ( $X = 23.6$ ). Estudiantes del último año de la carrera de Medicina.

### ***Criterios de Inclusión:***

- 1.- Participación voluntaria.
- 2.- No antecedentes patológicos familiares o personales de enfermedad psiquiátrica, neurológica (hipoxia pre, peri y/o postnatal, convulsiones, alteraciones de la conciencia, etc.) y/o heredo-degenerativa.
- 3.- No antecedentes de atención psicológica por dificultades de aprendizaje y/o conducta.
- 4.- Ausencia de limitaciones sensoriales (no corregidas) o motoras detectadas por:
  - .Cuestionario "ad-hoc".
  - . Examen clínico-neurológico.
- 5.- Edad cronológica equivalente a edad escolar (no haber recurrido grados).
- 6.- Manualidad derecha (Prueba de Annett, 1970).
- 7.- Adecuado rendimiento escolar (8 o más puntos de promedio académico y ninguna asignatura reprobada).
- 8.- Inteligencia normal (WISC-RM mayor o igual a 90 puntos).
- 9.- Rendimiento normal para su edad en las siguientes tareas automatizadas (versión computarizada DIANA, 1996):
  - . Atención sostenida.
  - . Secuencia Espacial.
  - . Retención de dígitos.
- 10.- Rendimiento normal para su edad en las tareas de la Batería de Trastornos de la Percepción (versión computarizada BTP, 1995).
- 11.- Peso y talla adecuados a la edad (según curva de desarrollo poblacional).

***Los criterios 8, 9 y 10 sólo aplicaron para el grupo I.***

### ***Criterios de No Inclusión:***

- 1.- Residencia fuera del perímetro urbano de la ciudad de Guadalajara.

### ***Criterios de Exclusión:***

- 1.- Tratamiento médico por cualquier causa (que provocara interacción funcional con el SNC) cuya administración alcanzó un periodo menor a 30 días antes de la fecha de registro electrofisiológico.
- 2.- Electroencefalograma en reposo anormal (ritmos de base pobremente estructurados con relación a la edad cronológica y/o presencia de actividad paroxística).

Exámenes para cumplir los criterios de inclusión propuestos (no incluye EEG en reposo):  
Se administraron en dos sesiones matutinas independientes (90 minutos de trabajo cada una) para cada niño susceptible de integrar el grupo I. Se consideraron adicionalmente los criterios escolares y los resultados de la encuesta de antecedentes.

**Registro electrofisiológico:**

Se realizó en dos sesiones matinales independientes:

**Sesión I** (Incluida en el proceso de selección de la muestra).

*EEG en reposo.* Registro digital de todas las derivaciones monopares del Sistema Internacional 10/20 modificado (American EEG Soc., 1991), con referencia en mastoides cortocircuitadas y uso de electrodos Ag/AgCl en un sistema MEDICID-03E. Filtros: 0.5 y 30 Hz. Puntos de caída de 6 dB/octava. Conversión A/D: 16 bits. Periodo de muestreo (PM): 5 ms.

Estados:

- .- Ojos cerrados (3 minutos).
- .- Ojos abiertos (3 min.).
- .- Hiperventilación (3 min.).
- .- Recuperación (1 min.)
- .- Fotoestimulación (Frecuencias ascendentes de 1-33 Hz; 3 min.).

-----  
Tiempo total 13 minutos/ sujeto.

El EEG se evaluó a ciegas e independientemente por 2 expertos que dispusieron sólo de la edad y sexo del niño como única información. El criterio "normal" coincidente de ambos, decidió la inclusión en la muestra del sujeto.

**Sesión II.**

*EEG durante tareas mentales.*

Se realizaron las siguientes modificaciones al registro de la Sesión I.

- .- Registro con ojos abiertos.
- .- Inclusión de 2 sitios de recogida monopolar dispuestos periocularmente.
- .- Filtros: entre 0.05 y 30 Hz.
- .- PM: 4 ms.
- .- Registro durante la realización conductual de las tareas propuestas.

**Descripción de las tareas psicológicas:**

Para todos los casos, los sujetos ejecutaron las tareas sentados en un sillón confortable a 60 cm de distancia de la pantalla de un monitor de CPU de 14", donde se dispuso un punto de fijación central. Los estímulos consistieron en números de color blanco sobre fondo negro presentados en forma secuencial y disponiendo un ángulo visual de 0.80°. Se aplicó un entrenamiento de 10 ensayos antes de la realización de cada tarea. El orden de aplicación de las tareas fue aleatorizado, y se utilizaron las mismas listas de estímulos en los dos grupos estudiados.

**Tarea 1. (T1: Nivel base).****Ejecución continua con detección de una secuencia decreciente de dos dígitos (Ej: 6 5):**

El sujeto fue instruido para presionar una tecla con su índice derecho a la aparición de un dígito (presentación infrecuente: relación 20/80  $\Leftrightarrow$  estímulo blanco) que corresponda al número ordinal inferior respecto al dígito que le antecedió [Número de ensayos (NE): 200; tiempo de presentación del estímulo (TPE): 200 ms; intervalo inter-estímulo (IIE): 1 800 ms; tiempo de reacción máximo (TRM): 2 000 ms; Tiempo de ejecución total (TET): 7 minutos]. Los subestados de pertenencia para los diferentes estímulos fueron:

<b>Subestado 1</b> (secuencia inversa: estímulo blanco; 20 % del total de estímulos):	Ej. 6 5.
<b>Subestado 2</b> (secuencia directa; 20 %):	Ej. 3 4.
<b>Subestado 3</b> (no secuencia; orden decreciente; 20 %):	Ej. 8 5.
<b>Subestado 4</b> (no secuencia; orden creciente; 20 %):	Ej. 1 5.
<b>Subestado 5</b> (0 al final como factor de atención no selectiva; 10 %):	Ej. 3 0.
<b>Subestado 6</b> (0 al inicio; 10 %):	Ej. 0 3.

**Tarea 2. (T2: Incremento de carga de memoria).****Ejecución continua con detección de una secuencia decreciente de tres dígitos (Ej: 6 5 4):**

Se instruyó al sujeto para presionar una tecla con su índice derecho inmediatamente después de que aparezca un dígito que complete una secuencia decreciente de tres números (presentación infrecuente: relación 20/80). La estimulación se organizó en triadas pertenecientes a 10 subestados ejemplificados como sigue:

<b>Subestado 1</b> (secuencia inversa: estímulo blanco; 20 % del total de estímulos):	Ej. 6 5 4.
<b>Subestado 2</b> (secuencia inversa incompleta al inicio; 10 %):	Ej. 6 5 8.
<b>Subestado 3</b> (secuencia inversa incompleta al final; 10 %):	Ej. 8 6 5.
<b>Subestado 4</b> (secuencia directa; 20 %):	Ej. 3 4 5.
<b>Subestado 5</b> (0 al inicio como factor de atención no selectiva; 6.66 %):	Ej. 0 3 4.
<b>Subestado 6</b> (0 al medio; 6.66 %):	Ej. 3 0 4.
<b>Subestado 7</b> (0 al final; 6.66 %):	Ej. 3 4 0.
<b>Subestado 8</b> (ninguno en secuencia; 6.66 %):	Ej. 3 5 2.
<b>Subestado 9</b> (ninguno en secuencia; orden decreciente; 6.66 %):	Ej. 8 5 1.
<b>Subestado 10</b> (ninguno en secuencia; orden creciente; 6.66 %):	Ej. 1 5 8.

NE: 200; TPE: 200 ms; IIE: 1 800 ms; TRM: 2 000 ms. TET: 7 minutos. Las secuencias decrecientes o crecientes no incluyeron la aparición del 0.

**Tarea 3. (T3: Incremento de carga atencivo-perceptual).****Ejecución continua con detección de una secuencia decreciente de dos dígitos y degradación visual (Ej: 6 5):**

El sujeto fue instruido para presionar una tecla con su índice derecho al presentarse un dígito correspondiente al número ordinal inferior respecto al dígito precedente. Básicamente esta tarea

es similar a la 1, pero la mitad de los dígitos fueron presentados con cierto nivel de degradación de la imagen visual. Se organizaron en distintos subestados como se ejemplifica a continuación:

- Subestado 1:** secuencia inversa con el 2do.degradado; **10 %** del total de estímulos:  
Ej. 6 5(degradado).
- Subestado 2:** secuencia inversa con el 1ro. degradado; **10 %:** estímulo blanco  
Ej. 6(degradado) 5.
- Subestado 3** (secuencia directa con el 2do. degradado; **10 %**): Ej. 5 6(degradado).
- Subestado 4** (secuencia directa con el 1ro. degradado; **10 %**): Ej. 5(degradado) 6.
- Subestado 5** [no secuencia (orden creciente) con 2do. degrad.; **10 %**]: Ej. 4 6(degradado).
- Subestado 6** [no secuencia (orden creciente) con 1ro. degrad.; **10 %**]: Ej. 4(degradado) 6.
- Subestado 7** [no secuencia (orden decreciente) con 2do.degrad.; **10 %**]: Ej. 6 4(degradado).
- Subestado 8** [no secuencia (orden decreciente) con 1ro.degrad.; **10 %**]: Ej. 6(degradado) 4.
- Subestado 9** (0 al inicio como **factor de atención no selectiva**;  
con segundo dígito degradado; **5 %**): Ej. 0 4(degradado).
- Subestado 10** (0 al inicio degradado, con segundo dígito íntegro; **5 %**): Ej. 0(degradado) 4.
- Subestado 11** (0 al final degradado, con primer dígito íntegro; **5 %**): Ej. 4 0(degradado).
- Subestado 12** (0 al final con primer dígito degradado; **5 %**): Ej. 4(degradado) 0.
- NE: 200; TPE: 200 ms; IIE:1 800 ms; TRM: 2 000 ms. TET: ~ 7 minutos.

Para producir la degradación se delineó una rejilla de 54 escaques para cada estímulo (número en color blanco), y luego se realizó una degradación aleatoria en color negro del 30 % de estos escaques. Este parámetro se definió antes de ejecutar las tareas en los grupos de estudio, a través de repetidos ensayos pilotos en 3 grupos de 4 niños de 11 años cada uno. Se midieron las respuestas conductuales en las 3 tareas propuestas, con ajustes sucesivos del nivel de degradación visual, la duración del estímulo y el intervalo post-estímulo, hasta lograr la ausencia de diferencias significativas en el número de respuestas correctas entre T2 y T3, así como entre un 20 y un 30 % en el número de total de errores para la ejecución de estas dos tareas. El propósito principal de estos ensayos, fue el de tratar de igualar las demandas cognitivas para las tareas con mayor carga en memoria (T2) y mayor carga atencivo-perceptual (T3).

El análisis preliminar de los resultados en la ejecución de las tres tareas anteriormente detalladas para ambos grupos de estudio, mostró que los cambios electrofisiológicos y conductuales en el grupo de adultos no correspondían a las expectativas iniciales. En particular, los componentes de los PREs para este grupo, no permitían distinguir con claridad los probables efectos de la manipulación experimental debida al aumento de la carga en memoria.

Los parámetros de estimulación y las listas de estímulos no variaron para los dos grupos estudiados. Como el ajuste de estos parámetros se realizó, según la exploración previa, en relación con el desempeño conductual de varios subgrupos de niños, se supuso entonces una disminución relativa en el nivel de dificultad de las tareas para su aplicación a los adultos.

Con base en lo anterior, y sólo para la aplicación en el grupo II (adultos), se diseñó una cuarta tarea con mayor carga de memoria que T3:

**Tarea 4. (T4: Mayor incremento de carga en memoria).**

**Ejecución continua con detección de una secuencia decreciente de cuatro dígitos (Ej: 6 5 4 3):**

En este caso la instrucción consistió en detectar (presionando una tecla con el índice derecho) la aparición del dígito que complete una secuencia decreciente de cuatro ejemplares (presentación infrecuente: relación 20/80). La estimulación se organizó en cuartetos pertenecientes a 11 subestados de la siguiente forma:

<b>Subestado 1:</b> secuencia inversa	20 %	Ej. 6 5 4 3 (estímulo blanco)
<b>Subestado 2:</b> secuencia inversa incompleta	10 %	Ej. 6 5 4 1
<b>Subestado 3:</b> secuencia inversa incompleta	10 %	Ej. 8 6 5 4
<b>Subestado 4:</b> secuencia directa	20 %	Ej. 3 4 5 6
<b>Subestado 5:</b> 0 al inicio	5 %	Ej. 0 3 4 1
<b>Subestado 6:</b> 0 al medio	5 %	Ej. 3 0 4 1
<b>Subestado 7:</b> 0 al medio	5 %	Ej. 3 4 0 7
<b>Subestado 8:</b> 0 al final	5 %	Ej. 3 4 1 0
<b>Subestado 9:</b> no secuencia	6.6 %	Ej. 3 5 2 7
<b>Subestado 10:</b> no secuencia decreciente	6.6 %	Ej. 8 5 3 1
<b>Subestado 11:</b> no secuencia creciente	6.6 %	Ej. 1 5 7 9

NE: 200; TPE: 200 ms; IIE: 1 800 ms; TRM: 2 000 ms. TET: 7 minutos. Las secuencias decrecientes o crecientes tampoco incluyeron la aparición del 0.

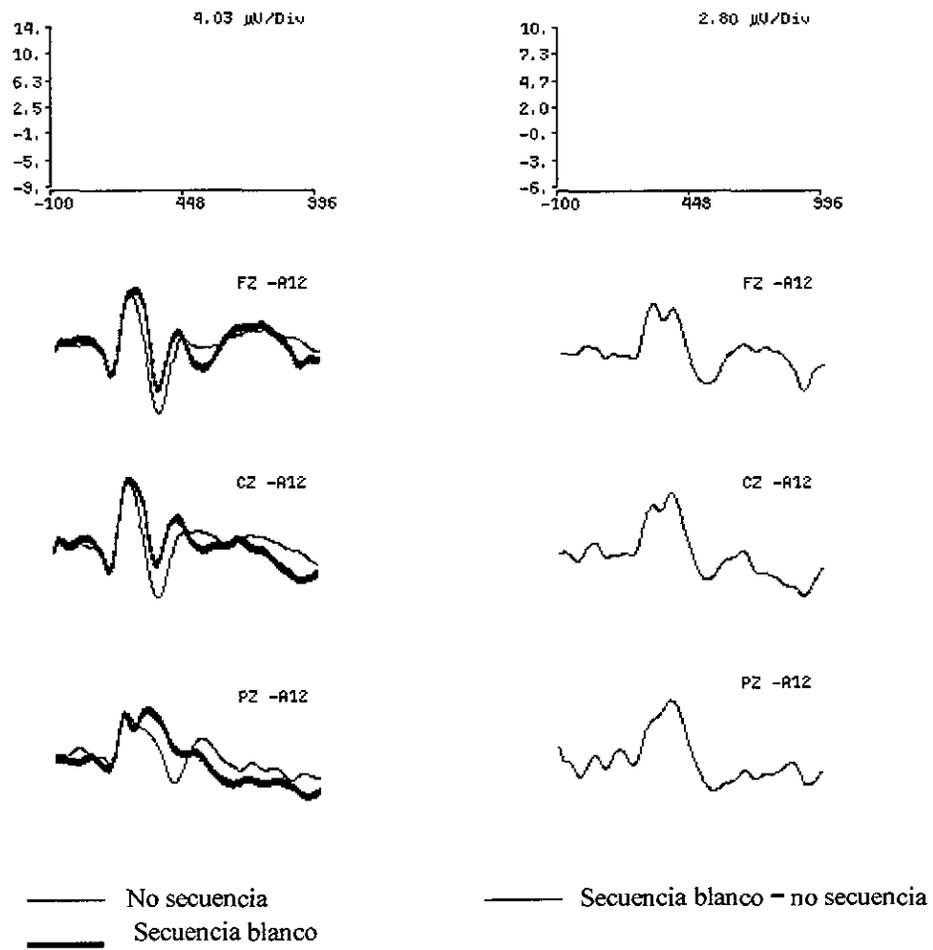
**Procedimiento:**

Ante cada tarea se registró, digitalizó y almacenaron el EEG y los tiempos de reacción. Previo rechazo manual de los artefactos que fueron detectados en la inspección visual del trazado, se promediaron por separado los PREs en cada ensayo y subestado, aciertos y errores en cada sujeto, para obtener posteriormente los promedios grupales en cada condición (incluyendo corrección de la línea de base según los 100 ms anteriores a la presentación del estímulo blanco). Se consideraron para el análisis, aquellos registros electrofisiológicos con CCR (coeficiente de correlación entre los hemipromedios pares e impares) mayor de 0.5, SDR (standard deviation rate; cociente de desviación típica) menor a 1 y RNL (residual noise level; nivel de ruido residual) menor de 2.

**Obtención de los PREs diferencia:**

Las ondas diferencia (para cada tarea y grupo de estudio), se obtuvieron por substracción digital de los valores de voltaje de los PREs promedio (en cada instante de tiempo) del siguiente modo: PREs secuencia blanco - PREs no secuencia.

Este procedimiento se ilustra para los sitios de la línea media (Fz, Cz y Pz) en la **Figura 2**.



**Figura 2. Obtención de los PREs diferencia.**

**Análisis Estadístico:**

Las medidas conductuales se representaron con estadígrafos descriptivos (medidas de tendencia central y dispersión), realizando análisis tipo t de Student por tareas y grupos de estudio. También aquí se incluyó un diseño de análisis de la varianza entre grupos relacionados para un factor que fue la tarea.

En el caso de los PREs promedio, los análisis se realizaron tan sólo con fines descriptivos, incluyendo pruebas tipo t de student entre derivaciones homólogas para los PREs de una condición, con el objeto de evaluar lateralización de algún componente en particular. A estas pruebas se les aplicó el ajuste de BonFerroni para incrementar la certidumbre de los hallazgos obtenidos. No obstante lo anterior, las inferencias estadísticas se derivaron básicamente del análisis de los potenciales diferencia (PREsD).

Para el análisis de estos PREsD entre condiciones en individuos y grupo, se ejecutaron análisis de varianza para grupos relacionados con dos factores:

A: derivaciones

B: tarea.

Previamente se obtuvieron los promedios individuales de los componentes endógenos diferencia de:

[T1 (subestado 1) - T1 (subestado 3 + subestado 4)],

[T2 (subestado 1) - T2 (subestados 8 + 9 + 10)],

[T3 (subestado 1 + subestado 2) - T3 (subestados 5 + 6 + 7 + 8)] y

[T4 (subestado 1) - T4 (subestado 9 + 10 + 11)]: **sólo para el grupo de adultos.**

Detallando más el procedimiento, este consistió en que para cada tarea e individuo, se promediaron de forma separada los subestados correspondientes a la condición **secuencia blanco** (Ej; T1: subestado 1) y aquellos que pertenecían a la condición **no secuencia** (Ej. T1 = subestados 3 y 4). A continuación se procedió a obtener por sustracción el PRED individual, y posteriormente se promediaron todos los PREsD individuales para conseguir los potenciales grupales.

El número de ensayos útiles que se pudo emplear en cada individuo para obtener los PREs de la secuencia blanco fue de aproximadamente 30 en promedio. Para equiparar las n de las condiciones de comparación (en cada sujeto), se procedió a eliminar aleatoriamente los ensayos "sobrantes" en la condición con mayor número de ensayos susceptibles de ser promediados.

De acuerdo a los hallazgos, el análisis de los PREs se realizó en 5 ventanas de tiempo para cada grupo de estudio de la siguiente forma:

	Grupo I (Niños)	Grupo II (Adultos)
Ventana 1 (V1):	0 - 100 ms	0 - 100 ms
Ventana 2 (V2):	100 - 200 ms	100 - 180 ms
Ventana 3 (V3):	200 - 400 ms	180 - 360 ms
Ventana 4 (V4):	400 - 600 ms	360 - 600 ms
Ventana 5 (V5):	600 - 1000 ms	600 - 1000 ms

La primera ventana de tiempo fue seleccionada con un criterio referencial, puesto que se acostumbra señalar este periodo como aquél donde los cambios de los potenciales ante determinada manipulación experimental son de tipo exógeno, es decir, responden más a las características físicas de los estímulos que a un procesamiento intrínseco de la información que contienen. Las ventanas siguientes, resultaron seleccionadas en cada grupo atendiendo al valor máximo de amplitud de los potenciales diferencia significativos, que fueron previamente identificados en los individuos o grupos a la inspección visual. En el caso de V2 fue por el pico diferencia positivo temprano; V3 atendiendo al pico diferencia positivo tardío; V4 a la negatividad posterior a este último pico y V5 para completar el periodo de registro disponible.

## RESULTADOS.

### *Ejecución conductual.*

Se examinaron tanto el número de respuestas correctas (RC), como los tiempos de reacción (TR) para cada tarea.

En el grupo de los niños (ver **Tabla I**), el número de RC disminuyó significativamente con el incremento de la carga perceptual y/o de memoria (factor: tarea, gl: 2,  $F= 6.70$ ;  $p= 0.00331$ ). En este caso, el análisis entre las tareas 1 y 2 ( $n=15$ ;  $r = 0.368$ ,  $t= 4.051$ ;  $p$  bilateral = 0.0012), así como 1 y 3 ( $n=15$ ;  $r = 0.549$ ,  $t= 4.88$ ;  $p$  bilateral = 0.0002) resultó significativo. Mientras tanto, la modalidad de "carga" no introdujo variaciones de consideración estadística como lo demuestra la comparación de las tareas 2 y 3 ( $n=15$ ;  $r = 0.845$ ,  $t= -0.94$ ;  $p$  bilateral = 0.363).

En los adultos, las RC no mostraron diferencias significativas entre las distintas tareas (factor: tarea, gl: 3,  $F= 1.20$ ;  $p= 0.31695$ ). **Tabla I.**

**TABLA I.** Promedio de respuestas correctas.

	TAREA 1		TAREA 2		TAREA 3		TAREA 4	
	x	s	x	S	x	s	x	S
Niños	37.13	1.88	33.60	3.58	34.06	2.89		
Adultos	37.27	2.84	35.66	5.09	37.66	3.48	35.67	3.02

x: media muestral.

s: desviación estándar muestral.

En ambos grupos se compararon también los TR entre las tareas (ver **Tabla II**). En el caso de los niños no se obtuvo significación global (factor: tarea, gl: 2,  $F= 1.91$ ;  $p= 0.15951$ ). Sin embargo, el análisis de t's pareadas en este grupo, demostró un incremento significativo de los TR relacionado únicamente al incremento de carga perceptual; tareas 1 y 3 ( $n=15$ ;  $r = 0.732$ ,  $t= -2.607$ ;  $p$  bilateral = 0.0207); tareas 2 y 3 ( $n=15$ ;  $r = 0.878$ ,  $t= -3.86$ ;  $p$  bilateral = 0.0017).

En los adultos, el análisis de los TR resultó estadísticamente significativo (factor: tarea, gl: 3,  $F= 3.92$ ;  $p= 0.01299$ ). **Tabla II.** Al igual que en los niños, la exploración de los datos con t's pareadas por tareas, mostró un incremento significativo de los TR relacionado a una mayor carga de tipo perceptual como lo muestra la comparación de T1 vs T3 ( $n=15$ ;  $r = 0.844$ ,  $t= -4.391$ ;  $p$  bilateral = 0.0006); T2 vs T3 ( $n=15$ ;  $r = 0.724$ ,  $t= -4.643$ ;  $p$  bilateral = 0.0004) y T3 vs T4 ( $n=15$ ;  $r = 0.187$ ,  $t= 3.323$ ;  $p$  bilateral = 0.0050).

TABLA II. Promedio de tiempos de reacción.

	TAREA 1		TAREA 2		TAREA 3		TAREA 4	
	x	s	x	s	x	s	x	s
Niños	524.39	108.24	513.44	86.47	588.06	138.34		
Adultos	479.13	82.86	456.51	80.11	541.94	103.07	440.01	81.42

x: media muestral.

s: desviación estándar muestral.

### **Resultados electrofisiológicos.**

Debido al relativamente reducido número de respuestas incorrectas en cada tarea, su gran variabilidad individual, así como la poca utilidad de muchos de los segmentos de EEG involucrados, se presentan solamente aquellos PREs correspondientes a segmentos con respuestas correctas (detección en caso de las secuencias blanco; ausencia de detección para las no secuencias).

### **Niños.**

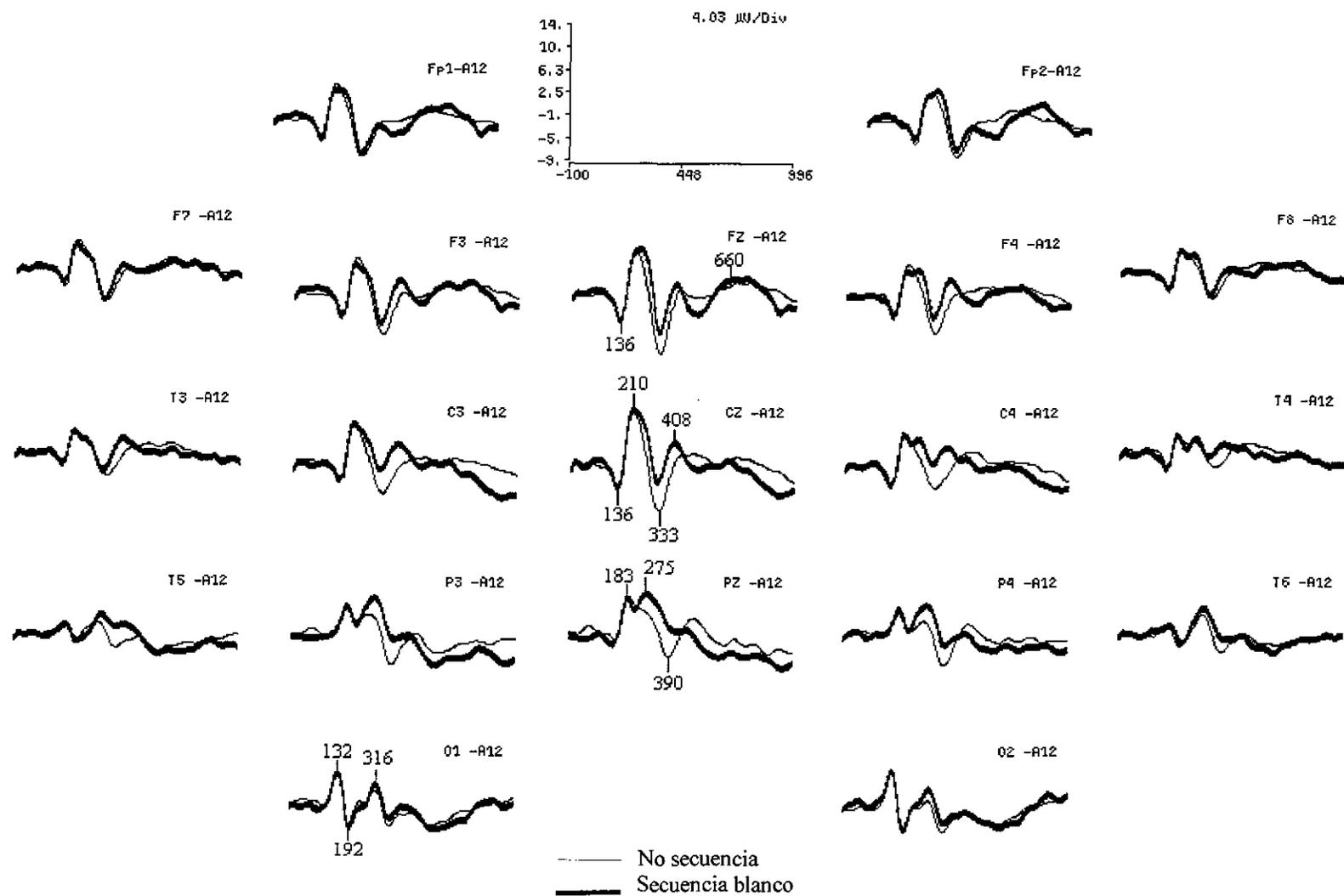
**Tarea 1.** En general, para las dos condiciones estudiadas se observaron componentes tempranos de gran amplitud, con una secuencia típica cuya polaridad (para fines descriptivos) definiremos en lo adelante como N1-P1-N2-P2 (máximos en Cz sobre los 132, 205, 333 y 408 ms respectivamente), seguidos de una positividad tardía para regiones fronto-centrales (máximo en 660 ms para Fz). En las áreas posteriores se advirtió una inversión en la secuencia mencionada (P1-N1-P2-N2 con negatividad lenta tardía; 132, 192, 316 y 389 ms respectivamente en O1). **Figura 3.**

**Tarea 2.** Se conservan las características básicas de los componentes referidos en la Tarea 1, aunque destaca la observación de una aparente bimodalidad en el pico denominado P1 para los sitios C4, T4, P3, P4 y Pz (con P1 bimodal máxima sobre los 175 y 273 ms para Pz) en la condición de secuencia blanco. **Figura 4.**

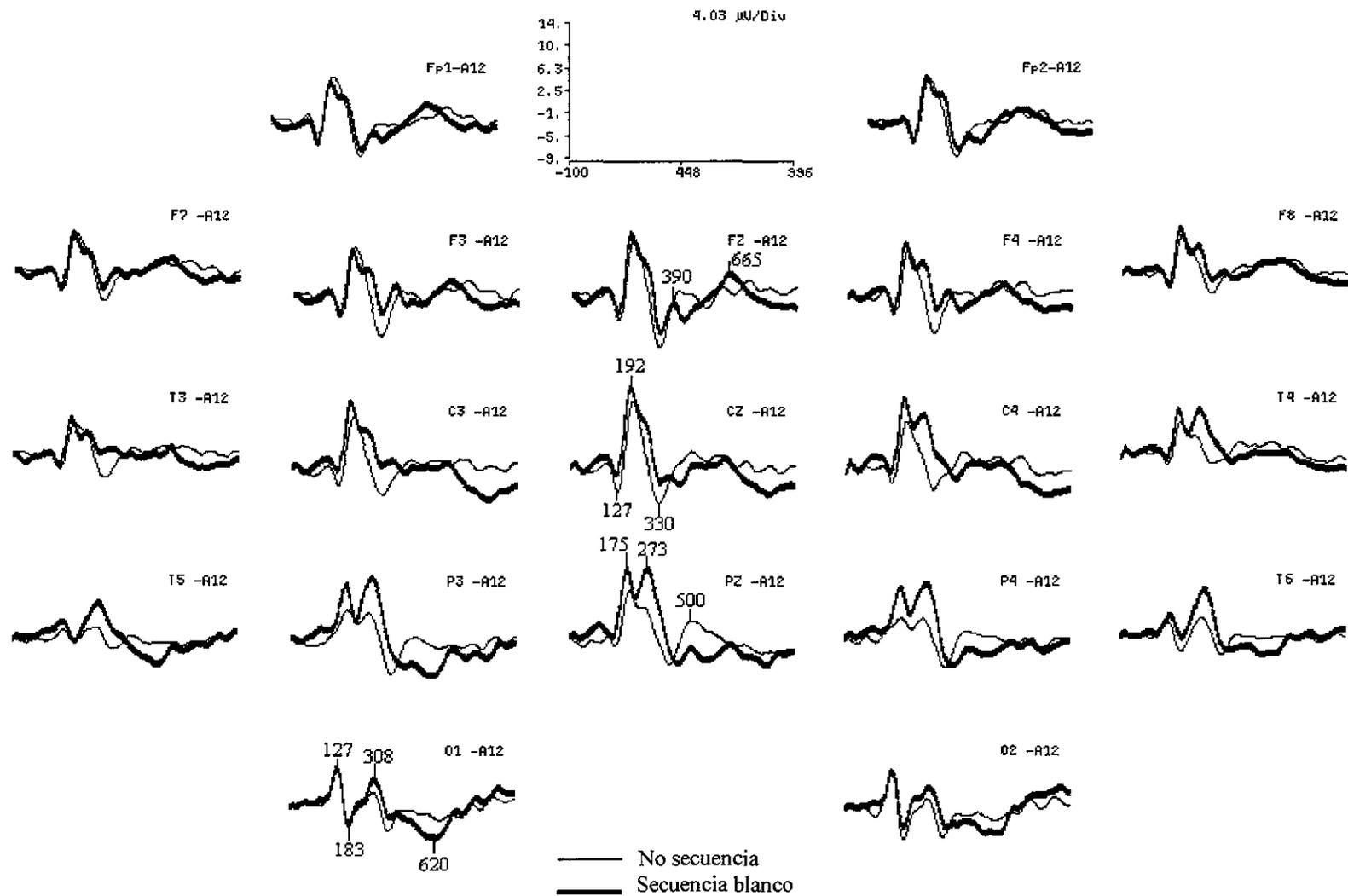
**Tarea 3.** Respecto a la tarea 1, se aprecia un ligero incremento (para ambas condiciones) en la amplitud de los PREs, con similar morfología a la descrita para la tarea base. **Figura 5.**

### **Adultos.**

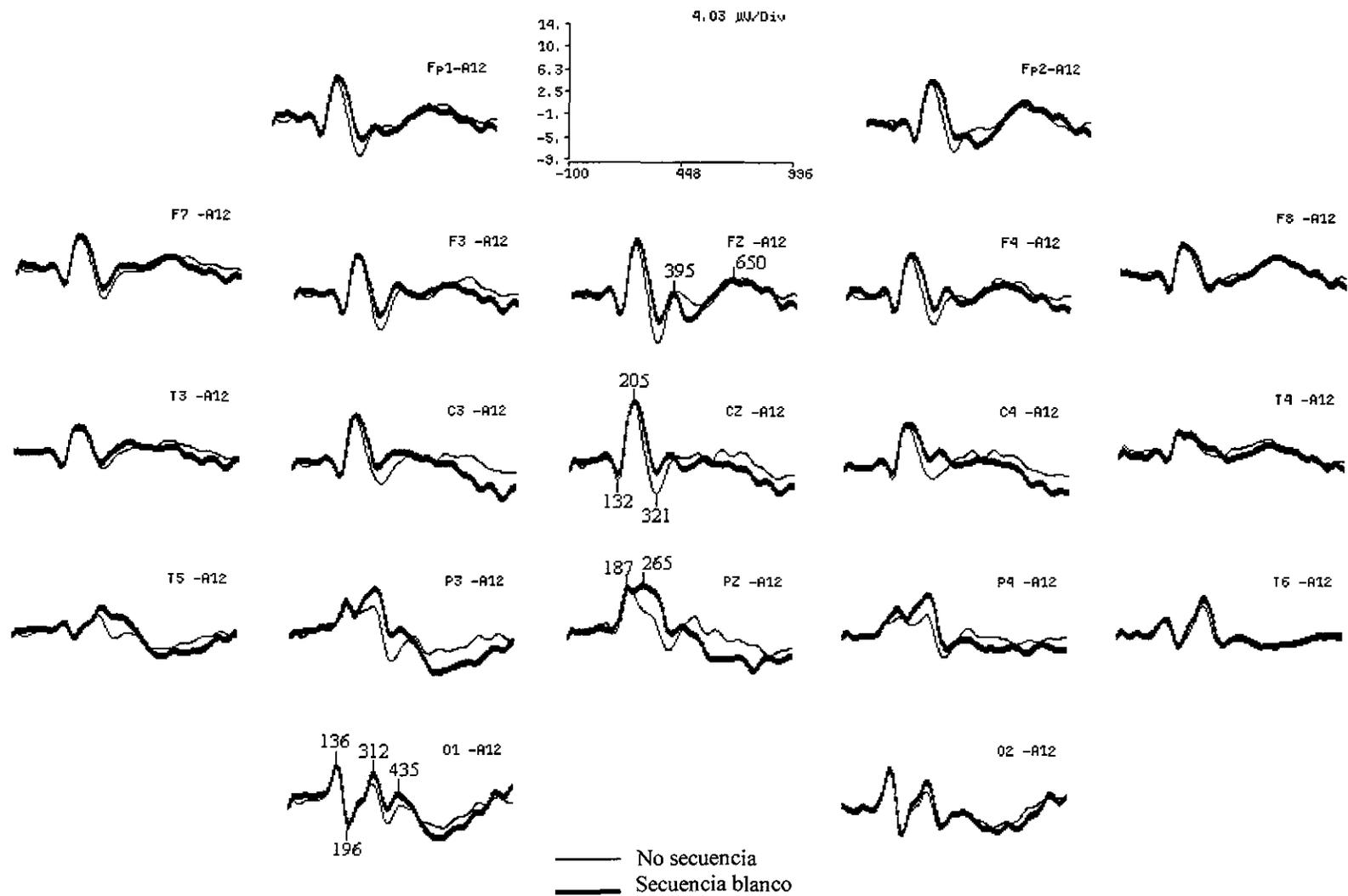
**Tarea 1.** La morfología de los PREs promedios resultantes, es similar a la obtenida para el grupo de niños en la ejecución de esta tarea, aunque para ambas condiciones (blanco y control), se aprecian componentes con menor magnitud de voltaje. En esta tarea, aparece también una secuencia de componentes N1-P1-N2-P2 (máximos en Cz alrededor de 80, 150, 265 y 340 ms respectivamente) seguidos de una positividad tardía en áreas fronto-centrales (625 ms), que se observa invertida sobre regiones occipitales. Los componentes iniciales de la secuencia descrita para cada localización, resultan agudos y de muy bajo voltaje, apreciándose un leve desplazamiento de latencia (más tempranas) para la condición blanco, a partir de P2. **Figura 6.**



**Figura 3. Tarea 1 (niños). Detección de una secuencia inversa de dos dígitos. PREs promedio.**



**Figura 4.** Tarea 2 (niños). Detección de una secuencia inversa de tres dígitos. PREs promedio.



**Figura 5. Tarea 3 (niños). Detección de una secuencia inversa de dos dígitos (uno degradado visualmente). PREs promedio.**

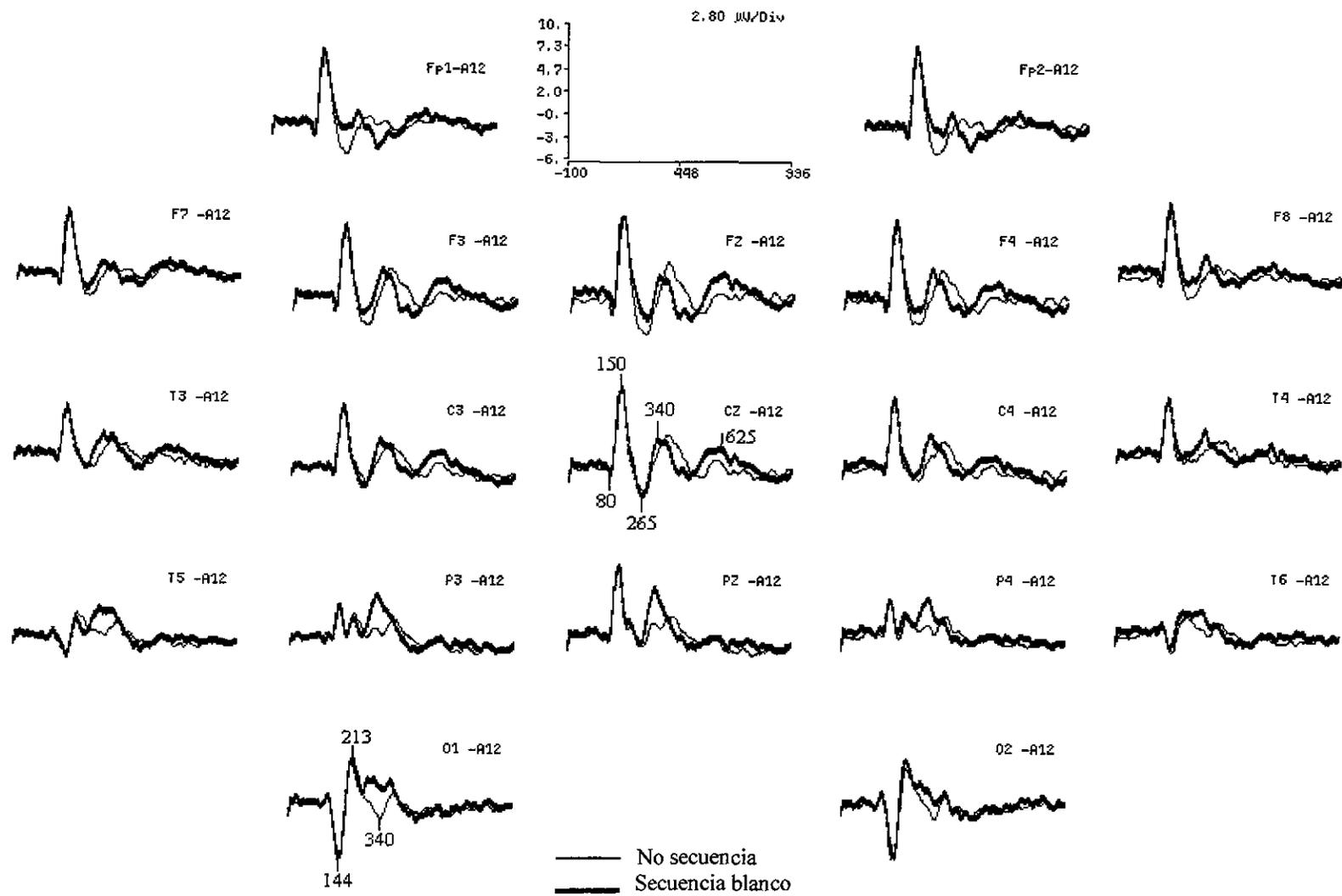


Figura 6. Tarea 1 (adultos). Detección de una secuencia inversa de dos dígitos. PREs promedio.

**Tarea 2.** En esta tarea se aprecian diferencias notables entre las condiciones en estudio. La secuencia no blanco conserva las características descritas para la Tarea 1, mientras en la condición blanco no aparece N2, disminuye significativamente P2 (sobre áreas frontales), donde ambas resultan sustituidas por una negatividad más lenta (extendida hasta aproximadamente 600 ms) y de mayor magnitud, seguida de la positividad tardía anteriormente señalada. En regiones centrales, P1 es seguida por P2 (con menor voltaje), la negatividad lenta descrita y la deflexión positiva tardía, mientras en las regiones parietales posteriores predomina la magnitud de P2 (sobre los 350 ms). **Figura 7.**

**Tarea 3.** Los PREs para esta tarea resultan muy semejantes a los de la Tarea 1, aunque no se observan diferencias notorias en cuanto a la latencia de inicio del pico P2. **Figura 8.**

**Tarea 4.** La morfología de los PREs es muy similar a la obtenida para la Tarea 2. Se aprecia una disminución de las diferencias occipitales inter-condición y resulta llamativo el desplazamiento hacia latencias más tempranas de los componentes P2. En general los PREs alcanzan una magnitud de voltaje ligeramente menor respecto a la Tarea 2. **Figura 9.**

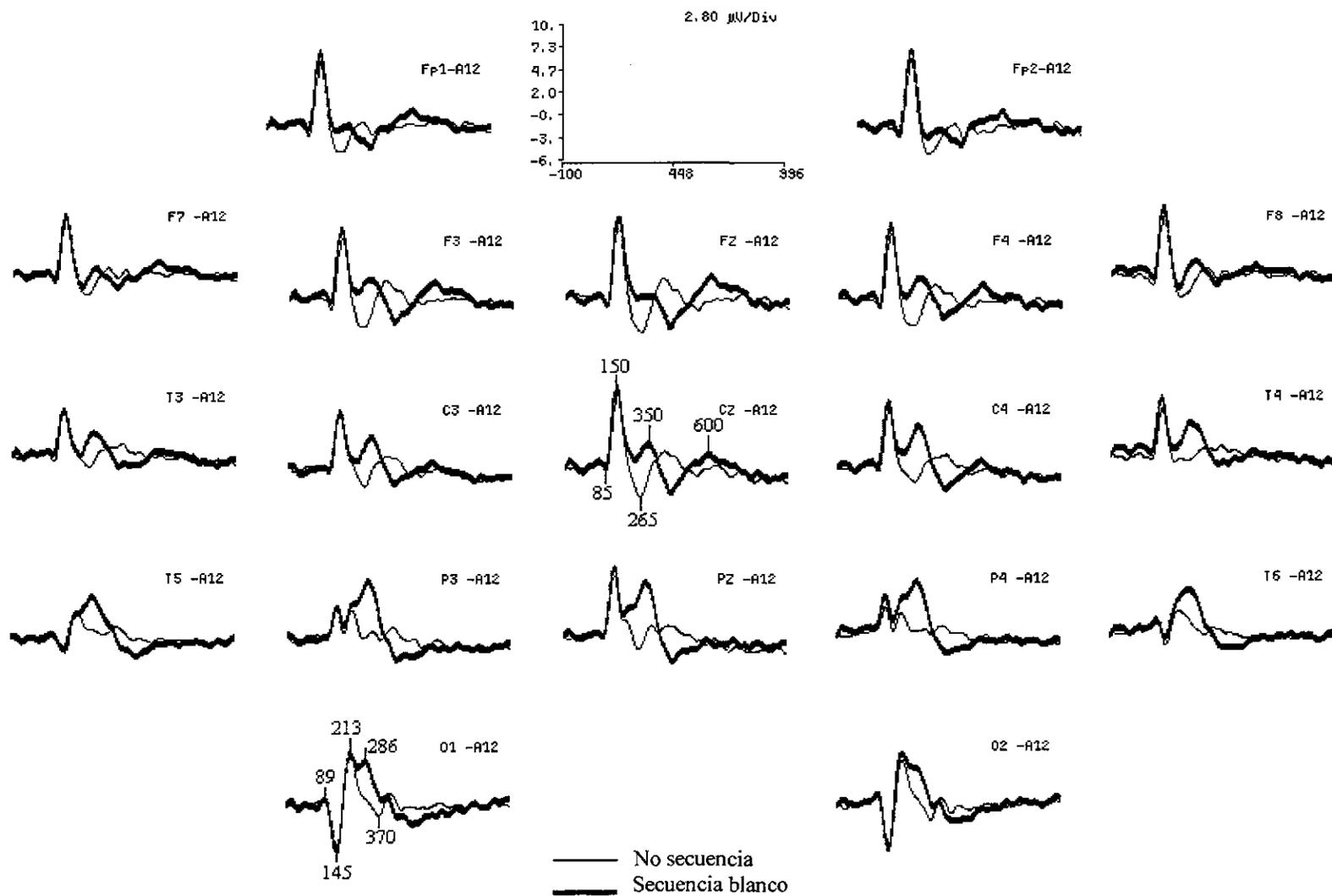
### ***PREs diferencia.***

Los PREs diferencia mostraron cambios relativamente estables con relación al grupo y tarea de estudio, en su mayoría, con magnitudes menores que aquellas correspondientes a los PREs promedio de cada condición particular. Para facilitar la descripción de los componentes diferencia, consideraremos los sitios de la línea media como “cambios referencia”, denominando los picos según la polaridad resultante (de acuerdo al sentido de la substracción) y comparando los componentes obtenidos, respecto a aquellos resultantes en la Tarea 1 (considerada como nivel comparativo) en cada grupo de estudio.

### ***Niños.***

**Tarea 1.** Se observa una secuencia de componentes lentos diferencia, que podría denominarse como P1d-N1d-P2d-N2d-P3d. Los picos P1d (162 ms con 1.17  $\mu$ V) y N1d (210 ms; -1.17  $\mu$ V) sólo se observan en Pz. A partir del componente P2d (de apariencia bimodal) aparece un corrimiento de latencia (máximo voltaje) en sentido antero-posterior, con ligera mayor magnitud en vértex (278 ms con 5.05  $\mu$ V para Fz, 360 ms y 6.09  $\mu$ V en Cz; 368 ms y 5.30  $\mu$ V para Pz). El pico N2d resulta también más temprano en regiones anteriores con mayor magnitud posterior (505 ms con -2.96  $\mu$ V en Fz; 514 ms y -2.67  $\mu$ V para Cz; 544 ms y -3.77  $\mu$ V en Pz). Luego aparece una positividad tardía y lenta sólo en áreas centro-antérieures (máximo en 656 ms con 0.92  $\mu$ V para Fz y 660 ms con 0.28  $\mu$ V en Cz), sustituida por negatividad en Pz y sitios aledaños. **Figura 10.**

**Tarea 2.** Siguiendo la secuencia de componentes detallados para la Tarea 1, el cambio de mayor relevancia es el marcado crecimiento en la magnitud del pico P1d (162 ms para Fz, Cz y Pz, con 3.21, 5.43 y 5.83  $\mu$ V respectivamente). El componente N2d tiene igual latencia (213 ms) en todos los sitios de la línea media, aunque sólo adquiere magnitud negativa en Fz (-1.39  $\mu$ V; con 0.63 y 0.32 para Cz y Pz respectivamente). En cuanto al pico P2d, este muestra una magnitud creciente en sentido antero-posterior con poco retardo de latencia [282 ms para Fz (4.89  $\mu$ V) y Cz (5.62  $\mu$ V), 295 ms en Pz (6.87  $\mu$ V)]. Dicho retardo se puede apreciar sustancialmente a partir



**Figura 7. Tarea 2 (adultos). Detección de una secuencia inversa de tres dígitos. PREs promedio.**

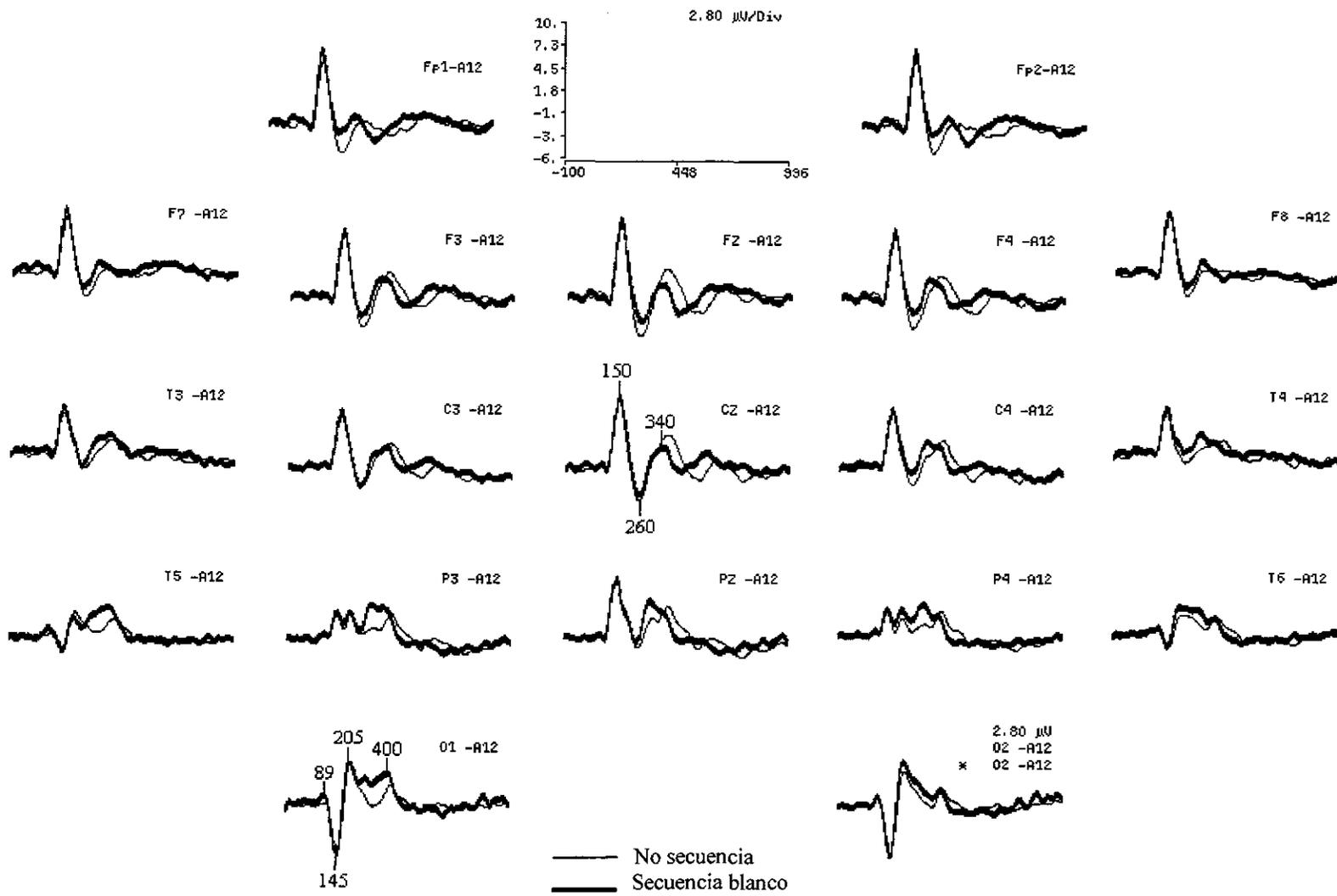
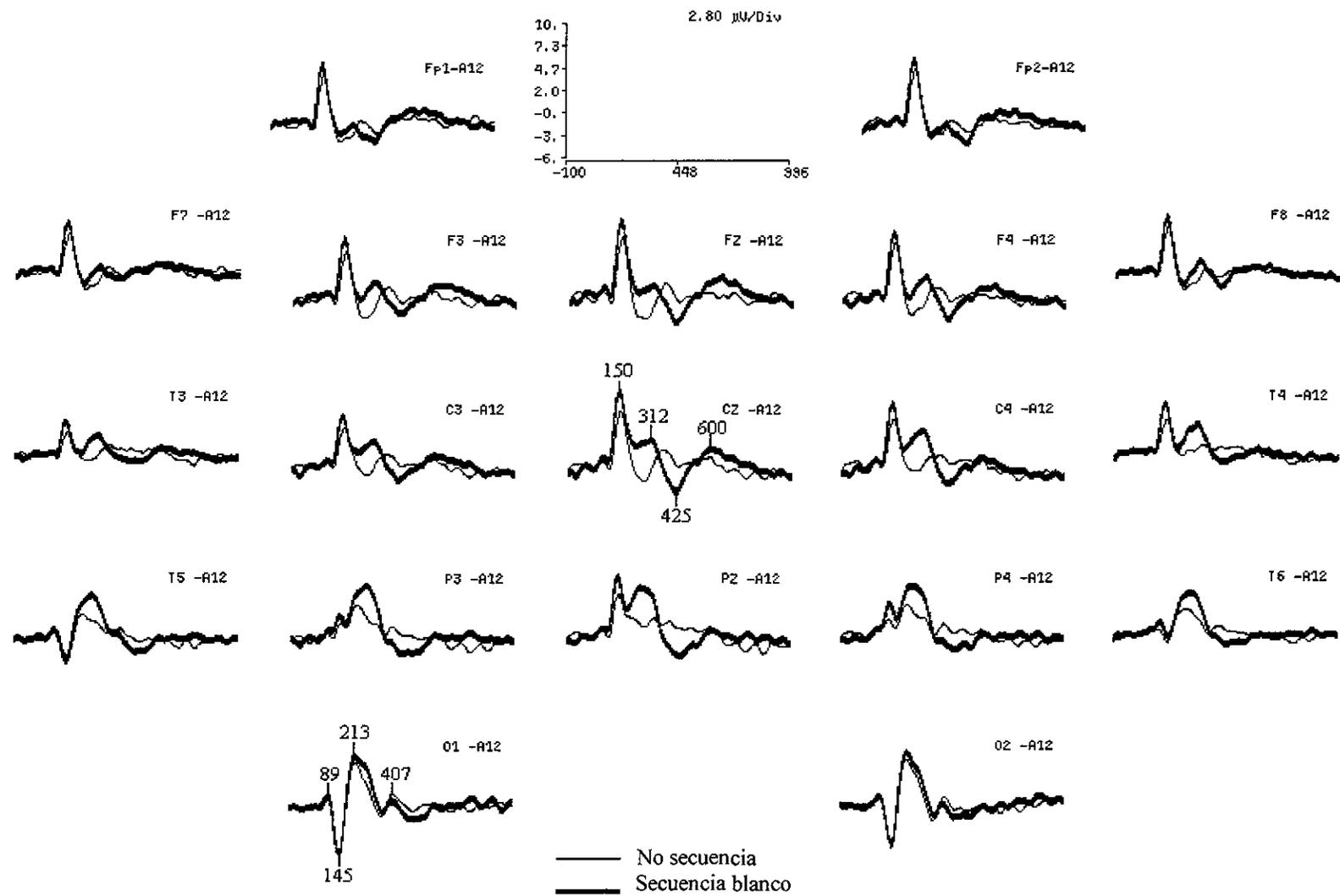
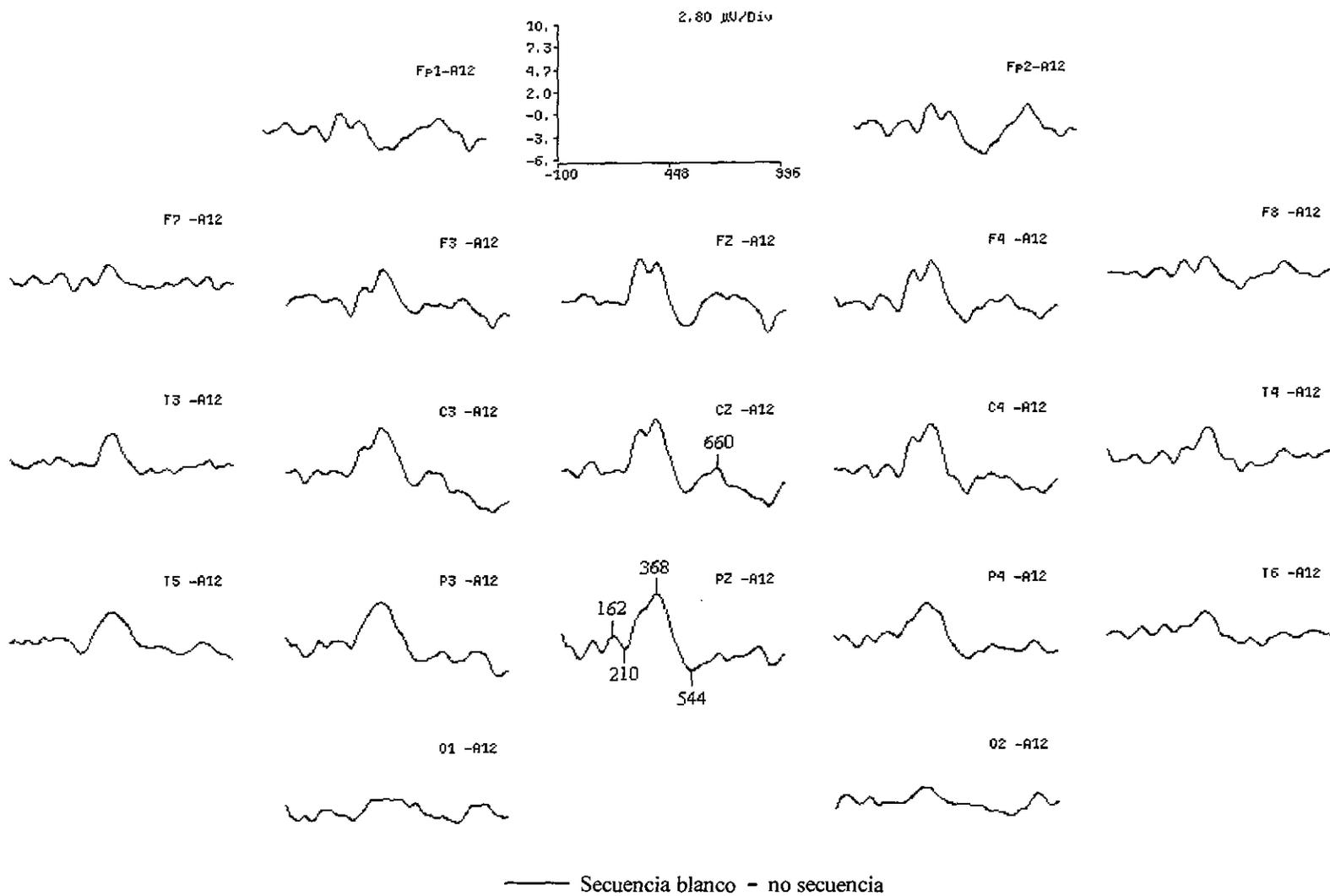


Figura 8. Tarea 3 (adultos). Detección de una secuencia inversa de dos dígitos (uno degradado visualmente). PREs promedio.



**Figura 9. Tarea 4 (adultos). Detección de una secuencia inversa de cuatro dígitos. PREs promedio.**



**Figura 10. Tarea 1 (niños). Detección de una secuencia inversa de dos dígitos. PREs diferencia.**

del componente N2d (441, 445 y 467 ms para Fz, Cz y Pz respectivamente) que también muestra mayor magnitud en Pz. La positividad lenta posterior sólo es apreciable en frontales, con negatividad sustituta en regiones centro-posteriores.

Un aspecto adicional a considerar, es que el pico P2d mostró una significativa lateralización a la derecha en región parietal anterior [Ventana de tiempo (VT): 270-300 ms; derivaciones C3 vs C4:  $g_l = 13$ ,  $t = -4.02$ ,  $p = 0.0015$  con ajuste de Bonferroni donde  $p=0.0056$  equivale a un valor de  $\alpha = 0.05$ ]. **Figura 11.**

**Tarea 3.** Respecto a la tarea base (1), se mantiene aproximadamente la misma morfología de los componentes, con menor magnitud de voltaje y un discreto corrimiento general hacia latencias más tempranas desde P2d. Los picos P1d y N1d se observan tanto en Cz como en Pz a iguales latencias (153 y 200 ms respectivamente, con 0.88 y -0.54  $\mu V$  para Cz; 1.49 y -0.32 en Pz). Se nota un menor desplazamiento de latencia antero-posterior para P2d (295, 303 y 312 ms para Fz, Cz y Pz respectivamente) con máximo valor en Pz (4.87  $\mu V$ ), mientras en comparación a la Tarea 1, el componente N2d resulta más pronunciado, temprano y de mayor magnitud para Fz (454 ms y -3.69  $\mu V$ ). Así mismo, se observa un pico más temprano y agudo para P3d (570 ms) con bajo voltaje (0.93  $\mu V$ ), sustituido para las regiones posteriores por una negatividad lenta. **Figura 12.**

Con los PREs diferencia, se realizó un análisis de varianza de dos factores para grupos relacionados, examinando el comportamiento estadístico de los factores derivación; tarea y sus interacciones. **Tabla III.** El resultado de este estudio mostró un sostenido efecto significativo de la tarea para las ventanas de tiempo V2, V3 y V4 (*ver Metodología*), apareciendo cambios relacionados al factor derivación en V3, V4 y V5 respectivamente. La interacción resultó significativa solamente en el caso de la ventana V4.

**TABLA III.** Análisis de varianza para grupos relacionados en los PREs diferencia de la muestra de niños.

	V1(0-100)		V2 (100-200)		V3 (200-400)		V4 (400-600)		V5(600-1000)	
	F	P	F	p	F	p	F	P	F	P
A (gl=18)	0.58	0.914	1.26	0.203	4.46	<b>0.000</b>	2.03	<b>0.007</b>	4.33	<b>0.000</b>
B (gl=2)	1.56	0.059	31.48	<b>0.000</b>	10.31	<b>0.000</b>	10.20	<b>0.000</b>	2.46	0.084
AB(gl=36)	0.27	1.000	0.59	0.975	0.77	0.837	2.01	<b>0.000</b>	0.78	0.826

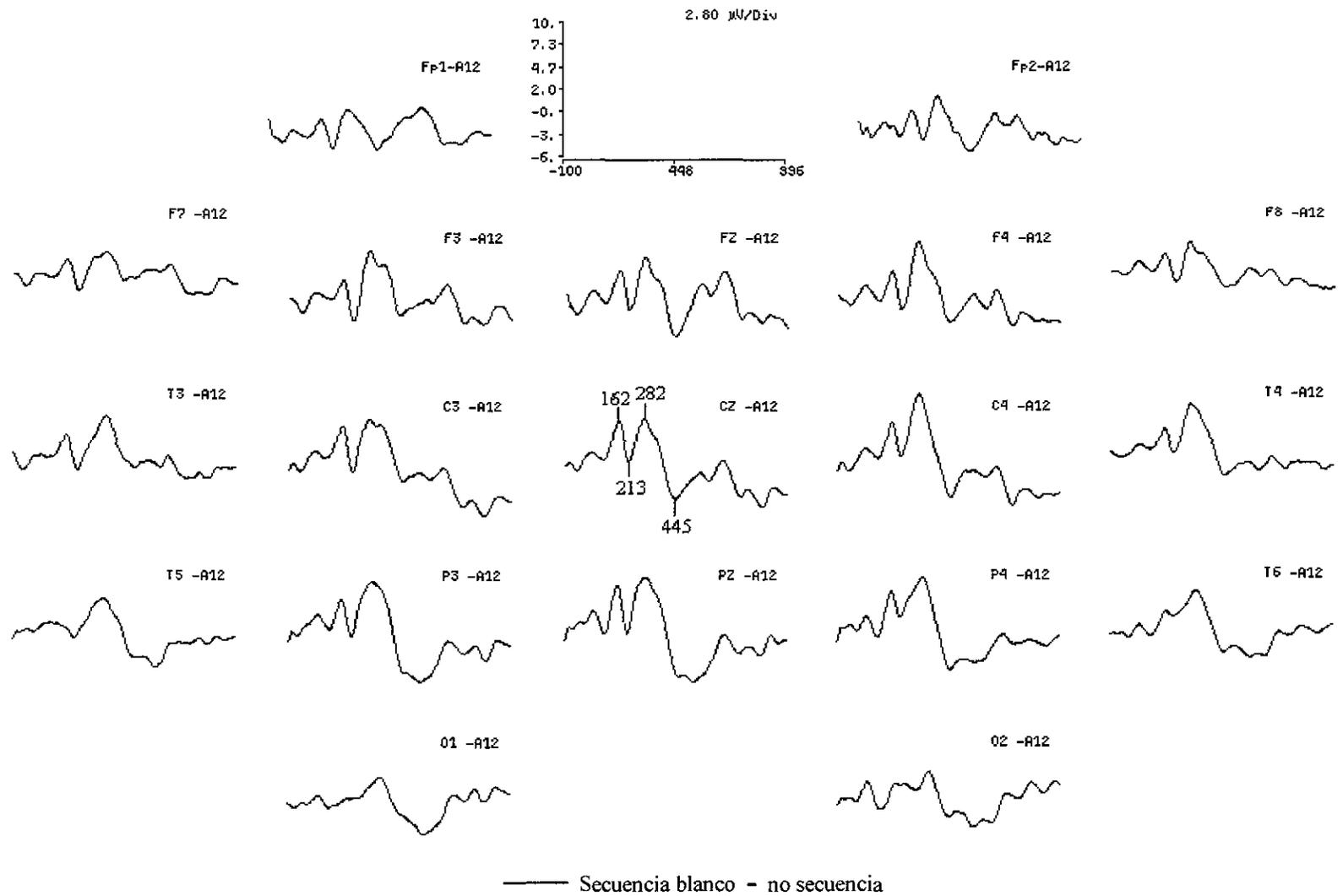
A: Derivaciones.

B: Tareas

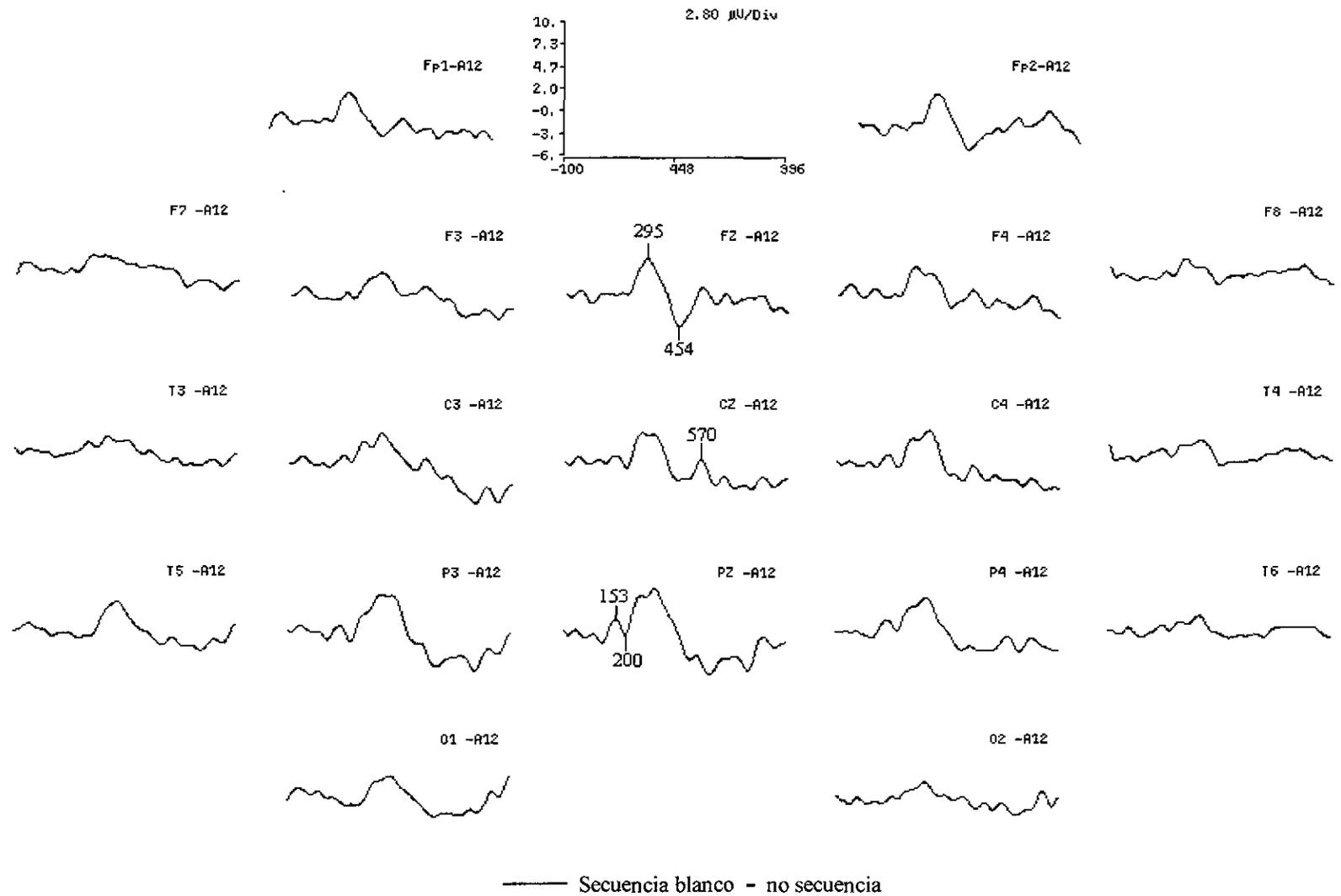
AB: Efecto de interacción.

V1,V2,V3,V4,V5: Ventanas de tiempo seleccionadas para el análisis en milisegundos.

gl: Grados de libertad.



**Figura 11. Tarea 2 (niños). Detección de una secuencia inversa de tres dígitos. PREs diferencia.**



**Figura 12. Tarea 3 (niños). Detección de una secuencia inversa de dos dígitos (uno degradado visualmente). PREs diferencia.**

Para comprender mejor estos efectos, se llevó a cabo un análisis adicional de comparaciones múltiples (Prueba de Tukey), que mostró que las diferencias significativas, esencialmente, se establecían con relación a la Tarea 2 (mayor carga de memoria), así como que el sentido de la diferencia era el mismo para V1, V2 y V3. **Tabla IV.**

**TABLA IV.** Análisis de comparaciones múltiples (Test de Tukey) en los PREs diferencia de la muestra de niños.

gl = 784	V1(0-100) 1%		V2 (100-200) 1%		V3 (200-400) 1%		V4 (400-600) 1%		V5(600-1000) 1%	
Tarea 2-3	<b>1.307</b>	0.571	<b>1.740</b>	0.700	<b>0.983</b>	0.679			<b>0.525</b>	0.702
Tarea 2-1	<b>0.933</b>	0.571	<b>1.547</b>	0.700	<b>0.829</b>	0.679				
Tarea 1-2							<b>1.042</b>	0.734		
Tarea 3-2							<b>0.918</b>	0.734		

V1,V2,V3,V4,V5: Ventanas de tiempo seleccionadas para el análisis en milisegundos.

gl: Grados de libertad.

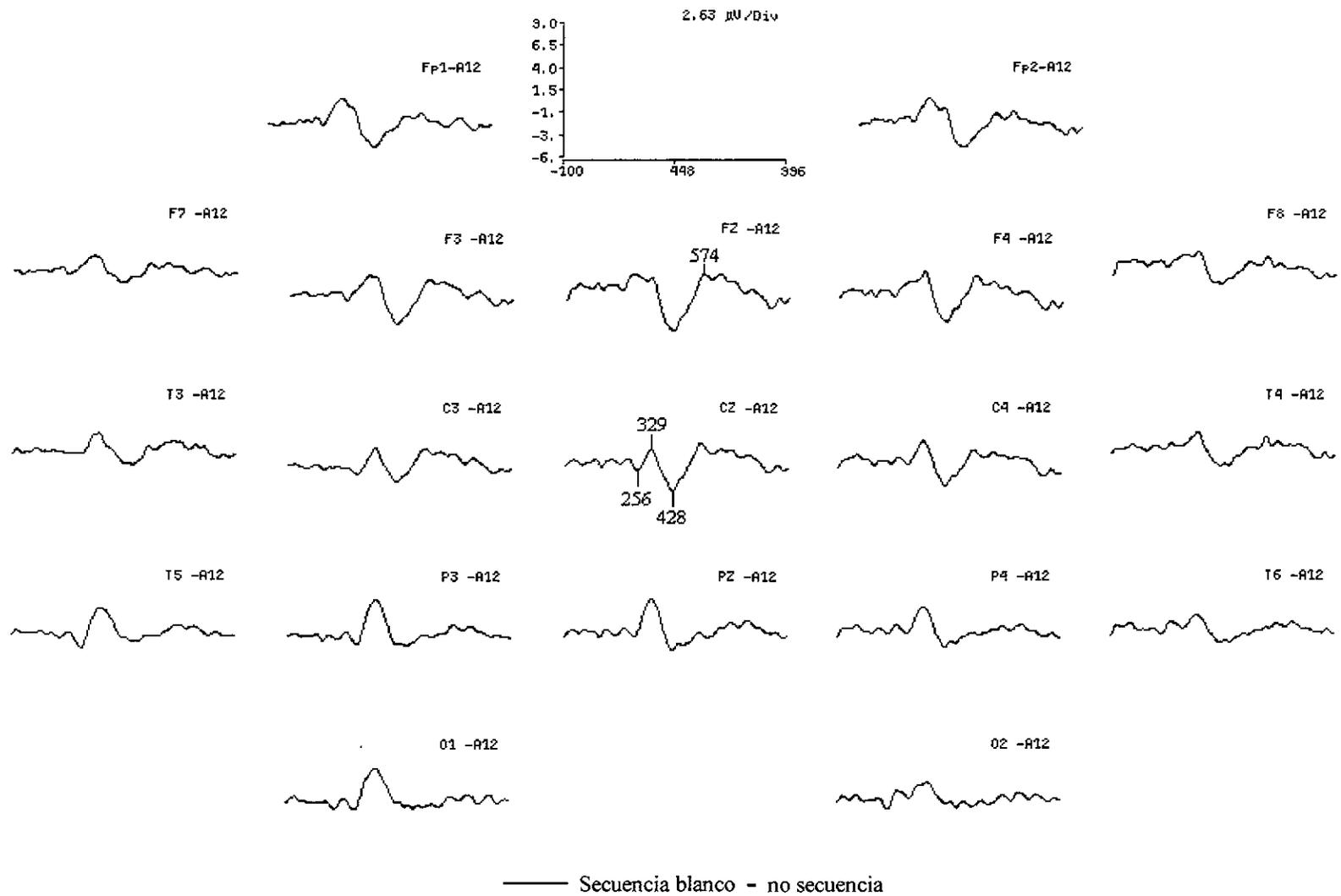
**NOTA:** Sólo se incluyeron los valores significativos.

### **Adultos.**

**Tarea 1.** Para este grupo y tarea, se puede definir una breve secuencia de componentes lentos N1d-P1d-N2d. La magnitud de N1d es muy pequeña y sólo es apreciable este componente en áreas centro-posteriores (256 ms con  $-0.69 \mu\text{V}$  para Cz; 235 ms y  $-1.0 \mu\text{V}$  en O1). En cuanto al pico P1d, este es particularmente notorio en áreas posteriores (329 y 338 ms, con  $3.74$  y  $3.53 \mu\text{V}$  para Pz y O1 respectivamente). La distribución de este componente se mostró lateralizada significativamente hacia la región postero-lateral izquierda [VT: 300-350 ms; gl = 13; derivaciones: P3 vs P4:  $t = 4.024$ ,  $p = 0.0014$ ; O1 vs O2:  $t = 3.5068$ ,  $p = 0.0039$ ; T5 vs T6:  $t = 3.725$ ,  $p = 0.0025$ , con ajuste de Bonferroni donde  $p=0.0056$  equivale a un valor de  $\alpha = 0.05$ ].

Con relación a la negatividad denominada como N2d, esta es notable en regiones fronto-temporo-parietales anteriores, con un máximo en Fz (428 ms y  $-3.98 \mu\text{V}$ ). Aunque este componente exhibe aproximadamente la misma latencia en sitios más posteriores, observa una disminución de amplitud en sentido antero-posterior ( $-3.04$  y  $-1.93 \mu\text{V}$  para Cz y Pz respectivamente). Posterior a este pico, se observa el inicio de un desplazamiento positivo lento que también decrece en magnitud en sentido antero-posterior (máximo en 574 ms;  $2.29 \mu\text{V}$  para Fz). **Figura 13.**

**Tarea 2.** En esta tarea se registró una secuencia de componentes P1d-P2d-N1d, seguidos de un desplazamiento lento positivo tardío anterior. Aquí el componente P1d (136 ms con  $1.69 \mu\text{V}$  en



**Figura 13. Tarea 1 (adultos). Detección de una secuencia inversa de dos dígitos. PREs diferencia.**

Cz) resulta de bajo voltaje, aunque lo suficientemente separado temporalmente del pico P2d como para no ser considerado como una deflexión bimodal de este último. El componente P2d se aprecia en todas las derivaciones con máximo en Pz a los 282 ms, y progresiva disminución de amplitud postero-anterior (7.09, 5.54 y 4.51 para Pz, Cz y Fz respectivamente, a igual latencia). Es seguido del pico N1d que se comporta en sentido inverso en cuanto a su magnitud (-4.45, -4.62 y -5.07  $\mu\text{V}$ ) con discreto corrimiento de latencia (432, 411 y 398 ms en Pz, Cz y Fz respectivamente). Finalmente, el desplazamiento lento positivo (máximo en 608 ms con 3.22  $\mu\text{V}$  para Fz) se comporta similar al componente lento positivo tardío de la Tarea 1. **Figura 14.**

**Tarea 3.** Aquí se puede observar una secuencia de picos P1d-P2d-N1d-P3d-N2d (tomando al sitio Pz como descriptor). P1d es distinguible en la región parieto-occipital izquierda (180 y 185 ms; 0.37 y 1.34  $\mu\text{V}$  para Pz y O1 respectivamente), mientras P2d resulta mucho más extenso, con máximo de amplitud en Pz (303 ms y 2.6  $\mu\text{V}$ ), seguido por N1d que mostró un ligero gradiente de voltaje antero-posterior conservando su latencia (424 ms; -3.83, -3.06 y -2.42  $\mu\text{V}$  para Fz, Cz y Pz respectivamente). El componente P3d (sobre 560 ms en línea media), resultó ligeramente mayor en vértex (2.75  $\mu\text{V}$ ), y fue seguido de una discreta negatividad (660 ms) mayor para Pz (-2.42  $\mu\text{V}$ ) y no observable en áreas anteriores. **Figura 15.**

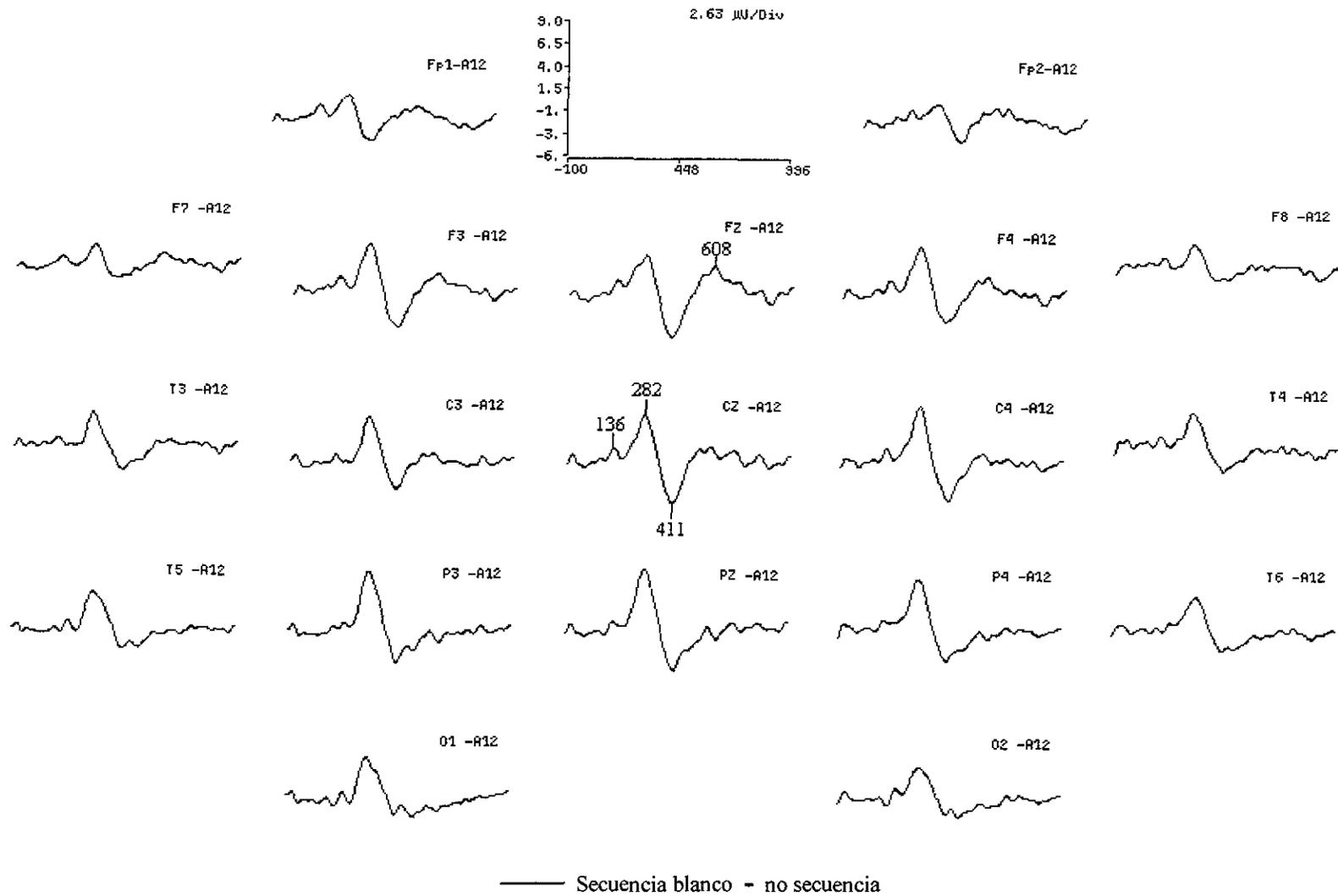
**Tarea 4.** La morfología de los componentes diferencia en esta tarea, resultó muy similar a la descrita para la Tarea 2. La diferencia esencial con esta última fue el marcado incremento de voltaje para el pico P1d (136 ms; 2.67, 2.75 y 2.31  $\mu\text{V}$  para Fz, Cz y Pz respectivamente), así como su aparición en todas las derivaciones salvo temporales posteriores y occipitales (T5, T6, O1 y O2). También se apreció un ligero retardo de latencia postero-anterior para P2d (270, 278 y 282 ms para Pz, Cz y Fz respectivamente), con máximo de amplitud en vértex (4.45  $\mu\text{V}$ ). A partir de P2d apareció un ligero corrimiento hacia menores latencias (407 para Fz y Cz, 415 para Pz) con máximo en Cz (-3.65  $\mu\text{V}$ ) para N2d y P3d (639 ms para Fz y Cz donde fue observable). **Figura 16.**

Al igual que se hizo con el grupo de niños, y partiendo de los PREs diferencia, se realizó un análisis de varianza para grupos relacionados con dos factores: derivación y tarea. **Tabla V.** Este análisis demostró efectos significativos relacionados a la tarea en todas las ventanas de tiempo examinadas salvo V1. La significación simultánea para tarea y derivación se observó en V2, V3 y V4. La interacción de ambos factores sólo resultó significativa en el caso de V3.

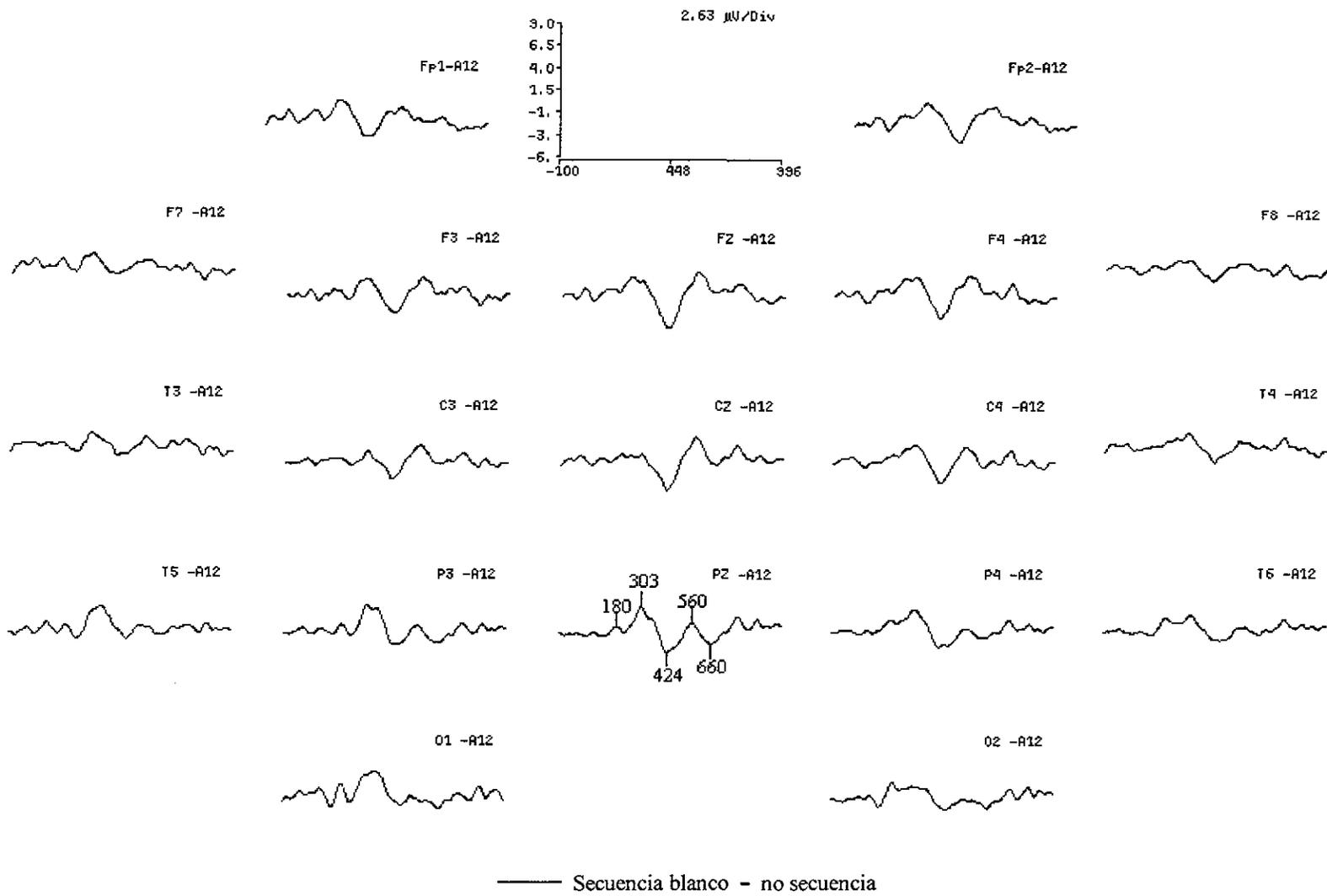
Se realizó adicionalmente una Prueba de Tukey (comparaciones múltiples), donde se destaca el resultado de una significación estadística evidenciable en la comparación de las tareas 4 y 2 respecto a las tareas 1 y 3 para las ventanas V2 y V3, sin diferencias significativas entre 2 y 4 para dichas ventanas de tiempo. **Tabla VI.**

### ***Distribución topográfica de los componentes diferencia.***

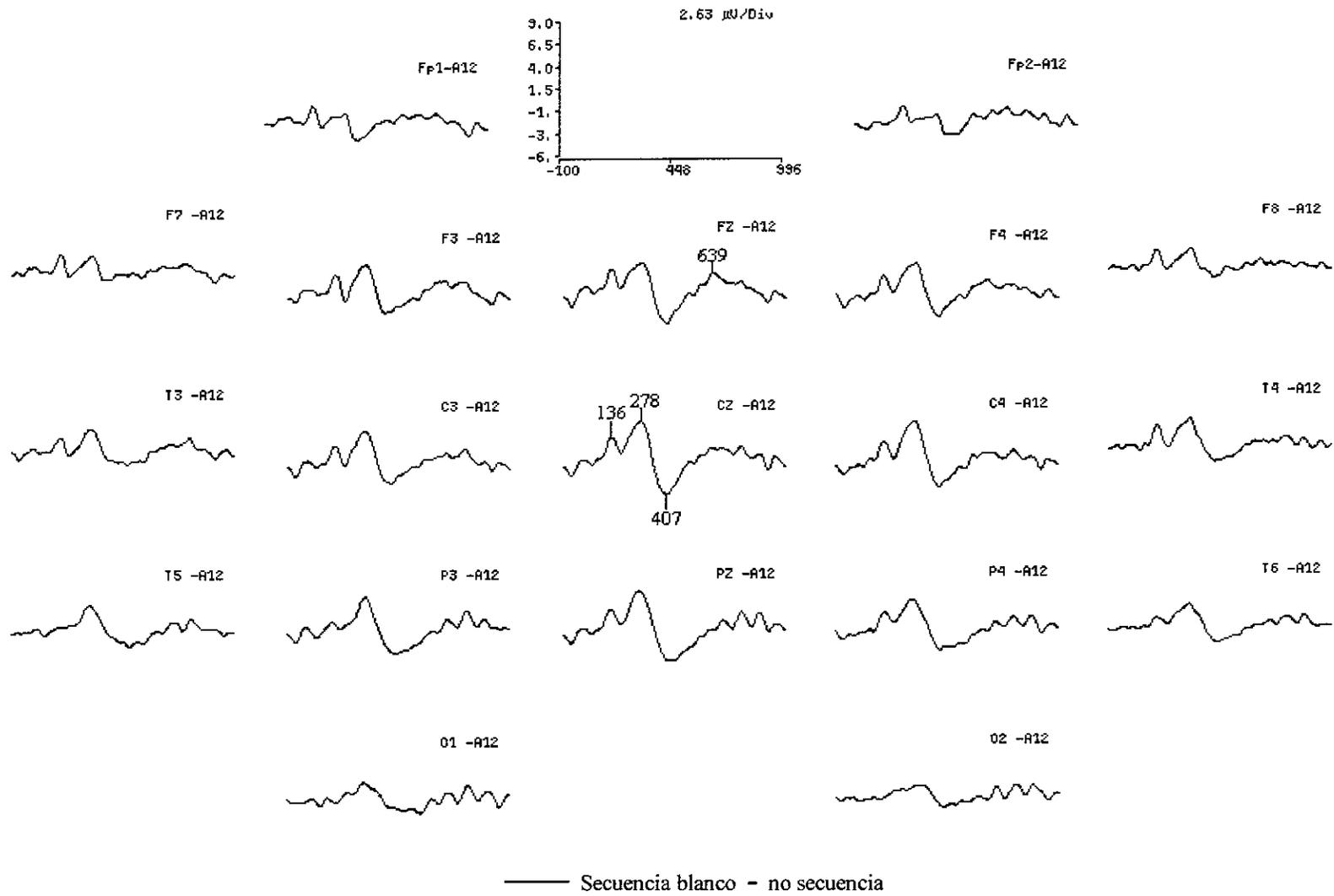
Tanto para el grupo de niños, como para el de adultos, el componente diferencia positivo temprano (presente en las tareas con mayor carga de memoria), se localizó básicamente sobre regiones centro-parietales, al igual que el componente positivo tardío. En el grupo de los niños



**Figura 14. Tarea 2 (adultos). Detección de una secuencia inversa de tres dígitos. PREs diferencia.**



**Figura 15. Tarea 3 (adultos). Detección de una secuencia inversa de dos dígitos (uno degradado visualmente). PREs diferencia.**



**Figura 16. Tarea 4 (adultos). Detección de una secuencia inversa de cuatro dígitos. PREs diferencia.**

sin embargo, ambos tuvieron no sólo una mayor amplitud relativa, sino también una más amplia extensión. **Figura 17.** En el pico temprano, la representación topográfica sugiere una mayor participación de áreas frontales en los adultos

En el caso del componente diferencia positivo tardío, en ambos grupos se observó una discreta lateralización a la derecha, que llegó a representar un máximo de amplitud para el grupo de niños en la derivación C4. **Figura 18.**

La negatividad posterior al segundo pico positivo diferencia, mostró una tendencia a distribuirse antero-centralmente en ambos grupos, aunque involucrando más áreas frontales en los niños (máximo en Fz), respecto a los adultos (máximo en Cz). **Figuras 17 y 18.**

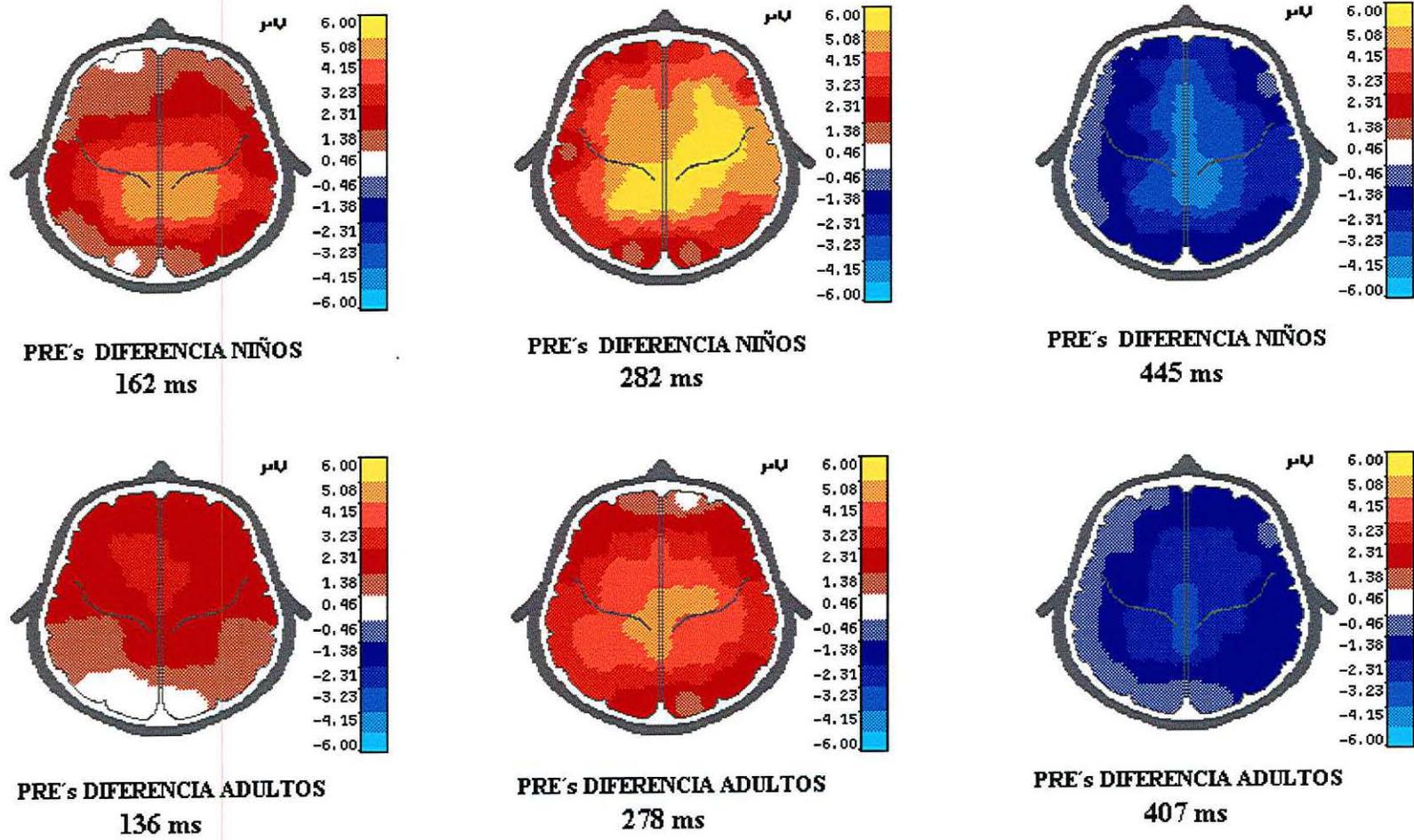
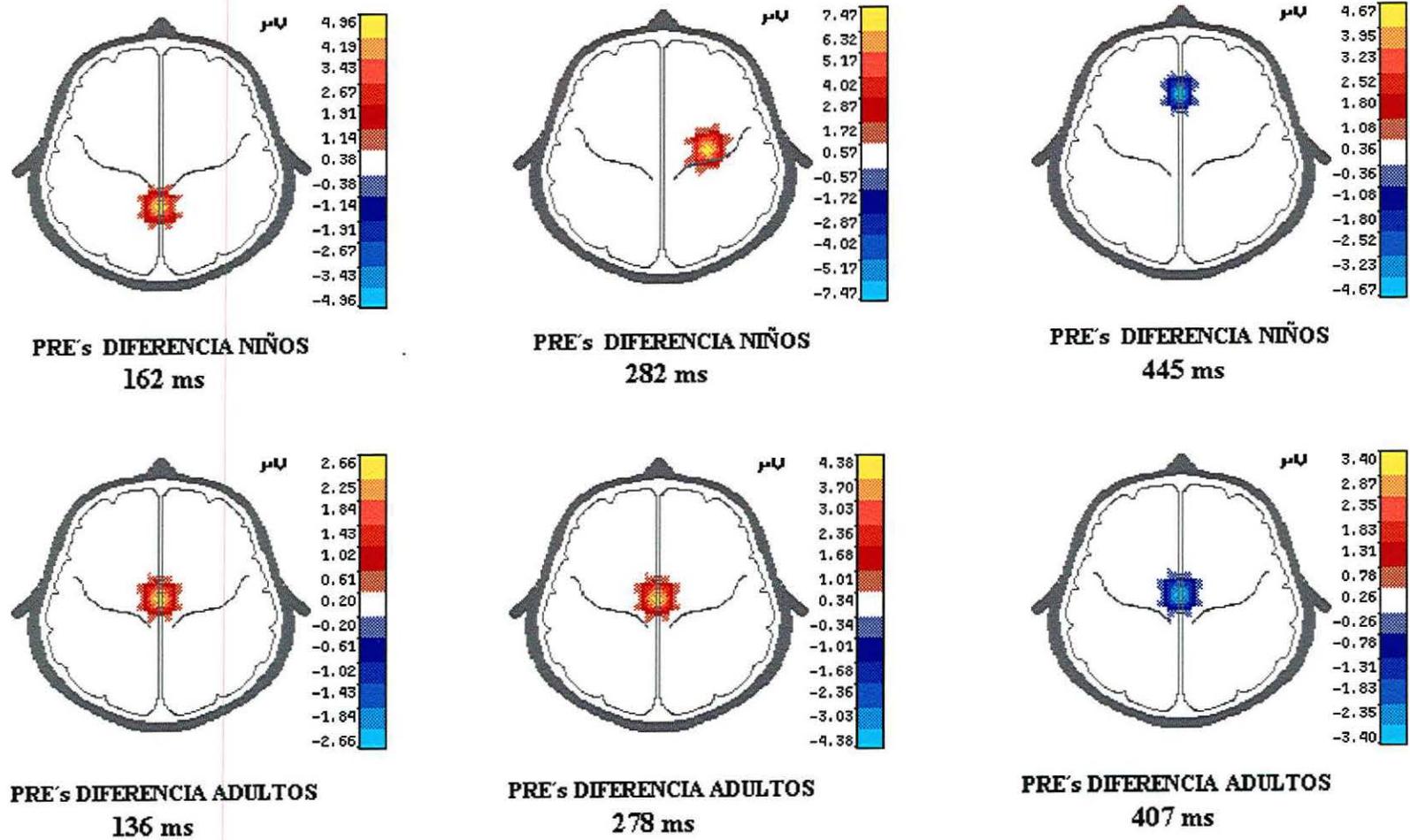


Figura 17. Distribución topográfica de los principales componentes diferencia, en el instante de máxima amplitud de voltaje, para las tareas con mayor carga de memoria (Niños: Tarea 2; Adultos: Tarea 4).



**Figura 18.** Localización del máximo pico de voltaje para los principales componentes diferencia, en las tareas con mayor carga de memoria (Niños: Tarea 2; Adultos: Tarea 4).

## ***DISCUSIÓN.***

El principal interés de nuestro estudio consistió en evaluar si el aumento diferencial en la demanda de recursos de memoria de trabajo y atento-perceptuales en tareas viso-verbales de MT, modificaba las respuestas conductuales y/o electrocerebrales en dos grupos de sujetos con diferentes edades.

### ***Datos conductuales.***

La ejecución conductual en el grupo de niños, mostró una disminución significativa en el número de respuestas correctas para las tareas 2 y 3 respecto a la tarea 1, lo cual no resulta sorprendente, pues confirma el cumplimiento de los requisitos previstos, respecto a la concepción de las listas y los parámetros de estimulación (aumento en la carga de memoria relativamente equivalente al incremento en la carga de procesamiento perceptual). El examen de los TR inter-tareas en los niños, demostró un aumento en los tiempos de ejecución, asociado al incremento en la dificultad perceptual debida al enmascaramiento de los estímulos.

Al observar los resultados conductuales para el grupo de adultos, no aparecieron diferencias significativas relacionadas al grado de dificultad de la tarea (respecto al número de RC), lo cual resulta lógico, si consideramos un efecto maduracional o incremento en la eficiencia asociado a la edad. Se mantuvieron significativas sin embargo, las diferencias vinculadas al aumento en la dificultad del procesamiento perceptual en cuanto a los TR.

En general, el examen de las comparaciones expuestas evidencia que los procesos de discriminación (y/o procesamiento) atento-perceptual y aquellos de carga en MT, aunque íntimamente vinculados, podrían involucrar pasos distintos en el orden temporal del procesamiento de la información. En este caso, podría argumentarse "la inserción pura" de una nueva etapa de procesamiento, siguiendo la lógica de Donders (citado por Coles y cols 1996), dado que se produce en tareas tipo "go-no go" y no varían ni la instrucción ni el tipo de respuesta del sujeto. No obstante, el supuesto del "procesamiento en serie" postulado por el propio Donders y modificado posteriormente por Sternberg, asume un conjunto de premisas no necesariamente válidas en nuestro estudio, como puede ser el caso del efecto denominado como "influencia selectiva" Sternberg (1969b).

Un incremento similar en la dificultad perceptual y la carga en memoria (según el número de RC) no tendría que ser equivalente para ambos en términos de TR. Si consideráramos como Posner (1980), la existencia de un nivel temprano de "selección atencional" que depende de cambios en la sensibilidad del sistema perceptual, entonces podríamos postular una interferencia con este nivel, dada por la introducción del enmascaramiento visual.

Finalmente, debe considerarse como alternativa un efecto diferencial en la maduración para el procesamiento perceptual y las operaciones con determinado nivel de carga en memoria, asumiendo que esta última puede resultar más tardía, incluso posterior a los 11 años de edad, lo cual concuerda con múltiples resultados experimentales (ver Schneider y Pressley 1997, para revisión).

Hay un hallazgo adicional que merece reflexión independiente. La ejecución de los adultos para la T4 (tarea con la mayor carga de memoria), evidencia un promedio de RC similar al de T2, y además un TR promedio, sorprendentemente menor que el de cualquiera de las otras tareas aplicadas a este grupo.

Si consideramos la naturaleza de la tarea en cuestión, vemos que la presentación secuencial de los dígitos permite, en la medida en que la secuencia blanco es mayor, una facilitación de la estrategia cognitiva dedicada a predecir el número adecuado para el cierre de la secuencia inversa. Este efecto facilitador para la estrategia de procesamiento de "arriba hacia abajo" ("top-down processing"; Rumelhardt y McClelland, 1982), se ha demostrado conductual y electrofisiológicamente en otros estudios (González-Garrido y cols, 1991). Tal vez esto explique la disminución en los tiempos de ejecución y el que no se hayan cometido más errores en T4 respecto a T2. Mientras tanto, el leve decremento en el número de RC de T4 y T2 con relación a T1, podría explicarse en el contexto de una ejecución que ha sido gravada con una mayor carga de memoria.

### ***PREs promedio.***

En cuanto a las respuestas electrocerebrales, se postula que la elevada resolución temporal de los PREs permite el examen de los procesos cognitivos en el momento en que estos ocurren. Por esta causa han sido estudiados en el contexto de la "cronometría mental", es decir, con el propósito de evaluar "en línea" (desde el punto de vista electrofisiológico) el transcurso de las diferentes etapas o estadios del procesamiento de la información.

En nuestro caso, se obtuvieron los PREs en tareas de MT, cuyo diseño consistió en la detección de secuencias de dígitos inversas e infrecuentes; v.g. 20/80. Dado que el tiempo de ejecución promedio para todas las tareas en ambos grupos no rebasó los 600 ms, intentaremos discutir, con particular énfasis, los cambios en los PREs que antecedieron este intervalo, a pesar de que se examinaron estadísticamente periodos temporales más allá de este límite.

Con fines puramente descriptivos, se empleó la terminología N1-P1-N2....etc. en el acápite de resultados, para definir el orden de aparición de los componentes de la muestra en las distintas tareas y grupos. Aunque esto puede resultar adecuado para nuestra descripción, el uso reiterado en la literatura de la denominación de los componentes según su latencia, nos obligará en lo adelante a identificar los picos encontrados en relación con este tipo de nomenclatura.

El diseño experimental empleado, por su similitud al "odd ball" clásico, hacía predecir la aparición de un componente tipo P300, en cuya variación de latencia y/o amplitud, se cifraban las principales expectativas de los cambios inter e intra-grupales de los PREs.

Si examinamos los potenciales promedio en la tarea base (1), se cumplió esta predicción en ambos grupos. Tanto para los niños como para los adultos, se obtuvo un componente de distribución básicamente parietal con morfología similar a P300, y diferencias en su latencia (408 y 340 ms en Cz respectivamente) para la secuencia **blanco**, mientras que la condición de comparación (no secuencia) mostró cambios relativamente similares pero de menor magnitud.

Aunque ha sido ampliamente documentada la estrecha dependencia de la amplitud de P300 respecto a la probabilidad de ocurrencia de un evento; de forma usual, el procedimiento para el análisis de los diseños tipo "odd-ball" se basa en la comparación de condiciones con diferentes frecuencias de presentación. Más aún, se ha señalado que el efecto de la probabilidad del evento sobre la amplitud de P300 es independiente del hecho de responder a un determinado estímulo blanco (Katayama y Polich 1996).

En el presente estudio, las secuencias inversas y las no secuencias tuvieron una frecuencia de presentación similar. Desde nuestro punto de vista, el emparejamiento en la probabilidad de ocurrencia de los estímulos en los subestados a comparar, elimina el problema metodológico señalado, explicando probablemente las semejanzas morfológicas obtenidas entre los PREs promedio de ambas condiciones.

Por otra parte, y tal como se esperaba (ver Harmony 1989), los PREs promedio de cada tarea y condición, aunque con morfología relativamente similar para los dos grupos, resultaron de mayor amplitud y con latencias más tardías en los niños.

Un detalle a considerar es que a partir de los 150 ms en los adultos y los 205 ms en el grupo de niños, parece haber un desplazamiento hacia menores latencias para la condición blanco. Puede que esto se deba a la instrucción recibida que impelía al sujeto a responder lo antes posible, considerando que los PREs promedio de la secuencia blanco son los que corresponden al cierre exitoso de la tarea, es decir, que el sujeto debía haber retenido información previa para poder compararla con el nuevo estímulo y tomar la decisión de responder o no.

### ***PREs diferencia.***

Se ha señalado que es difícil establecer una asociación directa entre las características morfológicas de los PREs resultantes para cada condición o tarea, y los procesos específicos de la memoria de trabajo (Kiss y cols. 1998). El análisis de los potenciales promedio por tanto, resulta de limitado interés en nuestro caso, debido a que tanto las latencias de los picos como sus magnitudes de voltaje, reflejan en general, características comunes a las diferentes condiciones de procesamiento en las tareas, no necesariamente vinculadas a procesos intrínsecos de memoria. Para soslayar esta limitación, se determinaron y evaluaron los PREs diferencia (PREsD) para cada tarea y sitio de registro.

El examen de los PREsD para ambos grupos mostró un primer hallazgo relevante: la ausencia de cambios con significación estadística en la ventana de tiempo V1. Este periodo se asocia habitualmente a la etapa fisiológica de evaluación de las características físicas del estímulo, por lo que los cambios significativos posteriores en el tiempo, deben depender exclusivamente de un procesamiento endógeno de la información.

Para el grupo de niños, la tarea con mayor carga de memoria mostró un pico diferencia temprano sobre los 160 ms (P160d), básicamente fronto-parietal, aunque de amplia distribución espacial y con gran magnitud de voltaje. Este pico, consistente incluso en los registros individuales, tiene escasos precedentes en la literatura y podría tener varias interpretaciones teóricas.

En 1986, Gopher y Donchin señalaron que la “carga cognitiva” puede caracterizarse como la diferencia entre la ejecución esperada para la versión sencilla de una tarea y la ejecución real (dada una variación en dicha tarea). Varios autores por su parte, coinciden en plantear que la memoria de trabajo podría ser especialmente sensible a manipulaciones en la “carga cognitiva” o dificultad de la tarea, debido a su limitada capacidad (Baddeley 1986, Fuster 1980, Goldman-Rakic y Friedman 1991, Just y Carpenter 1992, Shallice 1988, Goldberg y cols. 1998).

Just y cols. (1996) hallaron un incremento en el área de activación cortical de los lóbulos frontal y temporal, relacionado a un aumento en la dificultad de una tarea de comprensión del lenguaje. Este resultado parece establecer un nexo relevante entre una mayor carga cognitiva e incremento en las áreas de activación cerebral.

Abdullaev y Posner (1998), usando tareas de procesamiento de palabras y análisis topográfico de fuentes correlacionado con generadores demostrables en el PET, encontraron una activación temprana (150-170 ms) sobre corteza cingulada anterior, que interpretaron podría reflejar las demandas atencionales de la tarea y la restricción de la atención hacia los significados apropiados de las palabras. Estos autores señalan la activación temprana de esta área, en tareas que incluyen un alto nivel de “supervisión de atención” o “conflicto atencional” (Posner y cols. 1988; Posner y Raichle 1994), por lo que concluyen que dicho componente temprano parece reflejar “el curso temporal de la atención”.

Gevins y cols. 1996, realizaron un registro multicanal (115 sitios del cuero cabelludo) en 8 sujetos durante la ejecución de tareas de MT y de control, que consistían en parear un estímulo y el precedente, de acuerdo a determinados atributos espaciales o verbales. Encontraron un componente P200 mayor en las tareas de MT, y en particular en aquellas que respondían a atributos espaciales, concluyendo que MT resulta una función de un sistema distribuido, con componentes tanto tarea-específicos como tarea-independientes.

En nuestro caso, y dadas las características de las tareas implementadas (que incluyen la manipulación experimental del componente atento), los resultados parecen no coincidir con los planteamientos anteriores sobre la probable naturaleza de este cambio temprano. A nuestro juicio, el componente P160d podría reflejar la codificación neural en MT de los estímulos (actualización del contenido acumulado en el almacén de memoria) y/o la distribución diferencial de recursos desde el Sistema Ejecutivo Central para este fin.

Esta suposición se basa en que el componente P160d aparece diferencialmente ante el aumento de “carga cognitiva” o de codificación en MT, llamado inicialmente como “incremento en la carga de memoria”, y no en la tarea con incremento en la “carga atento-perceptual” (tarea con degradación visual).

Si esto es así, ¿por qué no aparece un cambio definido para esta latencia en las tareas 1 y 3, en las que también deben actualizarse los contenidos almacenados en MT para poder ejecutarlas?.

Si consideramos en detalle la naturaleza misma de la herramienta empleada (PREs), tenemos que la aparición de componentes específicos, es una resultante de la sincronización temporo-espacial de grupos neurales involucrados en la ejecución de determinado procesamiento. Esto implica,

que en la medida en que sean destinados más recursos neurales para ejecutar un proceso específico, será mayor la posibilidad de visualizar un componente asociado. Tal vez por esta razón, se requiera de cierto "umbral de activación" que no es alcanzado por la dificultad intrínseca de las tareas 1 y 3, o la escasa magnitud de la carga en memoria necesaria para ejecutar las mismas.

Por otra parte, los PREsD en la tarea base (1), mostraron la aparición de un componente diferencia (Cz; máximo en 368 ms para niños y 329 en adultos) que parece reflejar, atendiendo a su latencia, los cambios asociados temporalmente al componente tipo P300 señalado con anterioridad para los PREs promedio por condición. Esta asociación temporal, obliga a una reflexión sobre los postulados básicos de P3, al menos, en el paradigma clásico de una tarea "go-no go" tipo odd-ball.

Para Donchin y Coles (1988), el componente P300 refleja las tareas que se requieren para el mantenimiento de la MT, dada la sensibilidad de este componente a la probabilidad de los eventos, por lo que se asocia la presencia del mismo a una actualización del contexto ambiental, que necesita a su vez, de una revisión continua. Este aserto podría cuestionarse en base a los hallazgos del estudio de Katayama y Polich (1996), así como considerando nuestros propios resultados. Es probable que la naturaleza de la tarea empleada y la frecuencia de ocurrencia de los eventos "target" entre otros factores, enmascaren una probable disociación en los procesos cognitivos vinculados a la génesis de P300. La hipótesis alterna al modelo de Donchin y Coles, por su parte, sugiere que el componente P300 refleja un "cierre" de los eventos perceptuales (Desmedt 1981; Verleger 1988).

Para la tarea base (1) de nuestro estudio, aparece un pico diferencia positivo lento en los dos grupos, que se superpone en el tiempo a la ocurrencia del componente P160d (niños) y P136d (adultos) en aquellas tareas con mayor carga cognitiva, así como a la positividad diferencia tardía (P368d y/o P329d respectivamente).

Si el componente diferencia lento se considerara como un todo, cabría explicarlo como correspondiente a una etapa de procesamiento donde se compara la información reciente con la anteriormente sostenida y por tanto, puede reflejar una temprana actualización contextual (o renovación del almacén de MT). Asimismo, y dado su curso temporal, se correspondería adicionalmente con el procesamiento necesario para el cierre exitoso de la tarea.

A la luz de los resultados del presente estudio, proponemos la existencia de dos etapas distintas del procesamiento cognoscitivo que podrían ser identificadas electrofisiológicamente. La primera (expresada por el componente diferencia positivo temprano) podría estar involucrada en la renovación de los elementos almacenados en MT y por consiguiente representaría, funcionalmente, la asignación propuesta por el modelo de Donchin. La segunda etapa (reflejada por la onda diferencia positiva tardía) estaría vinculada al cierre de la tarea, y por tanto, con una interpretación fisiológica cercana a la del componente P3 según Desmedt y Verleger.

Este planteamiento podría corresponderse con lo propuesto por Johnson y otros autores, en el sentido de que P300 parece no ser un componente unitario, y que puede que represente la

actividad de un amplio sistema distribuido cuyas partes constituyentes podrían acoplarse más o menos, en dependencia de la tarea (Johnson 1986).

Otra de las ondas resultantes fue la negatividad que siguió al componente positivo tardío. Se trata de una onda lenta diferencia que se extiende, en los dos grupos, más allá del límite temporal correspondiente al tiempo promedio de ejecución conductual. Dada la naturaleza de las tareas aplicadas en el presente estudio, la latencia, morfología, y distribución topográfica del componente diferencia negativo, así como la dispersión en los valores de TR, podría interpretarse este componente como un correlato electrofisiológico de la preparación, ejecución y terminación de la respuesta motora.

En nuestro caso, la negatividad parece "covariar" con el componente positivo diferencia previo. Harter y cols. (1989) al explorar los procesos ejecutivos y preparatorios de la atención visual, que subyacen el cambio en la dirección de este sistema de una a otra localización, encontraron un cambio similar para esta latencia. Considerando la distribución preferente antero-central de la negatividad en cuestión, una interpretación alternativa, podría ser (salvando las diferencias debidas al tipo de tarea) la de resultar un análogo del componente descrito por Harter y cols., es decir, el reflejo de una modulación selectiva de la excitabilidad cortical, que forma parte de los mecanismos iniciales de preparación del sujeto para el procesamiento del siguiente estímulo.

#### ***Distribución topográfica para los componentes de los PREs diferencia.***

Respecto a la topografía de los componentes discutidos, es preciso destacar las similitudes que tanto en niños como en adultos, mostraron las dos ondas diferencia positivas que discutimos con anterioridad. Estas se localizaron, para ambos grupos, básicamente sobre regiones centro-parietales. Como se había señalado, dada la latencia en que aparecen (al menos el componente positivo más tardío) y el tipo de tareas aplicadas, podrían corresponder a la distribución reiteradamente referida en otros estudios para el componente P3 clásico o P3b.

Es preciso destacar la mayor magnitud de voltaje y más amplia distribución de ambos componentes diferencia positivos para el grupo de niños. Es lógico considerar un factor relacionado a la maduración neural en este caso. Si tenemos en cuenta la edad del grupo referido y la ejecución conductual en la tarea con mayor carga en memoria respecto al grupo de los adultos, podríamos suponer que dicha tarea representa un nivel de dificultad cualitativamente superior. De ser esto cierto, no es extraño que se desplacen más recursos para el cumplimiento de la misma, y esto pudiera estar reflejándose como una mayor dispersión espacial de los componentes.

Respecto a la relativa lateralización hacia la derecha del componente diferencia positivo tardío en ambos grupos, es difícil a la luz de los hallazgos previos, delinear una hipótesis sobre la causa de este resultado. Tal vez esta lateralización pueda ser explicada en el contexto de la naturaleza de la tarea empleada. En este caso se trató de la detección de secuencias de números y es reconocida la especial habilidad del hemisferio derecho para el procesamiento de este tipo de estímulos (Caramazza 1988).

Finalmente, si atendemos al papel funcional que asignamos en teoría a la negatividad posterior al pico positivo diferencia tardío, es legítimo pensar que su distribución involucre de algún modo las áreas frontales, regiones que han sido reiteradamente vinculadas a la preparación, ejecución y terminación de las respuestas motoras.

### ***Relación con los modelos de MT.***

Han sido escasos los esfuerzos en la literatura por comparar los modelos sobre MT, y tratar de ubicar determinados resultados experimentales en el contexto de estos.

El presente estudio se basó en la aplicación de diferentes tareas viso-verbales de memoria de trabajo en dos grupos de sujetos con distintas edades, y en términos generales, sus hallazgos pueden ser ubicados en uno u otro de los modelos de MT referidos con anterioridad.

En el contexto del modelo de Baddeley, el cumplimiento de las tareas empleadas implicarían la activación del sistema viso-verbal, dado el reconocimiento y comparación secuencial que exigen. La distribución fronto-parietal de los componentes resultantes, parece apoyar esta afirmación. Se ha referido que a partir de los 8 años se puede detectar un mecanismo de repetición articuladora espontánea (Hulme y cols., 1984), por lo que sería procedente considerar determinada participación del sistema fonológico. En este caso, la extensión espacial de los principales componentes encontrados podría apoyar este supuesto.

En cuanto al modelo de Pascual Leone, este parece representar una visión más cercana de los mecanismos fisiológicos que subyacen a MT. La permanencia de una mayor cantidad de "esquemas activados" en los niños, dado el esperado menor nivel de maduración en sus operadores inhibitorios, podría explicar, tanto la mayor magnitud y distribución de los componentes de los PREs, como el menor rendimiento conductual en las mismas tareas aplicadas a los adultos. De la misma forma, predice una mayor participación de las áreas frontales para aquel grupo donde la tarea representa un nivel cualitativamente mayor de dificultad.

Vale la pena adjuntarse al criterio de deRibaupierre y Bailleux (1994), en el sentido de que los constructos teóricos de Baddeley y Pascual-Leone, a pesar de sus diferencias, resultan muy cercanos en su implicación práctica.

### ***Probables aplicaciones de los resultados.***

Sin pretender trazar alguna pauta para investigaciones futuras, los resultados del presente estudio parecen revelar la posibilidad de realizar una disección electrofisiológica en los procesos que subyacen la codificación y el procesamiento para determinadas tareas viso-verbales de MT.

Considerando la limitada capacidad de la memoria de trabajo y su papel como interfase crítica con otros procesos cognitivos complejos, resultaría relevante a nuestro juicio, la aplicación de estas tareas en diferentes entidades asociadas con algún grado de disrupción cognoscitiva. El contar con una herramienta objetiva (componentes de los PREs) que refleje diferentes pasos en la adquisición y el procesamiento de la información, nos permitiría explorar, eventualmente, entidades como los trastornos del aprendizaje, que además de representar un serio problema

educacional y social, se ha demostrado en la literatura que existe en ellos afectación de MT. En el mismo sentido, podría aplicarse a aquellos trastornos que cursan con deterioro cognitivo asociado, tanto de carácter degenerativo como funcional (ej. trastorno cognitivo transitorio en el paciente epiléptico) entre otros.

## **CONCLUSIONES.**

- El aumento diferencial en la demanda de recursos de atento-perceptuales incrementó significativamente los tiempos de reacción y el número de errores para el grupo de niños, así como los TR en los adultos.
- El aumento diferencial en la demanda de recursos de memoria de trabajo aumentó de forma significativa los TR y el número de errores en los niños.
- En los adultos, la ejecución de la tarea con mayor carga de memoria mostró una disminución de los TR y un aumento en el número de errores respecto a la tarea base.
- En ambos grupos (niños y adultos), se obtuvo un componente en los PREs promedio de las distintas tareas, que parece representar un análogo de P300b.
- Se constataron diferencias inter-grupales en los componentes de los PREs promedio y los PREsD. Estas consistieron básicamente, en que en el grupo de niños, las ondas resultantes mostraron mayor amplitud y latencia respecto a las encontradas en los adultos.
- En los PREsD de los dos grupos estudiados, se observaron tres componentes de mayor relevancia y replicabilidad para las tareas con mayor carga en memoria. Según su orden temporal y distribución topográfica fueron:
  - a) pico positivo temprano (centro-parietal)
  - b) pico positivo tardío (centro-parietal con ligera lateralización a la derecha).
  - c) negatividad lenta (fronto-central).
- El potencial diferencia positivo temprano parece reflejar una actualización en los almacenes de memoria de MT. Este potencial se constata claramente en aquellas tareas con mayor carga de memoria (T2 y T4), y no aparece en la tarea con mayor carga perceptual (T3).
- El potencial diferencia positivo tardío parece reflejar los procesos destinados a un cierre perceptual de la tarea.
- El potencial diferencia negativo parece representar un correlato electrofisiológico de la preparación, ejecución y terminación de la respuesta motora, o la modulación selectiva de la excitabilidad cortical, como parte de los mecanismos de preparación del sujeto para el procesamiento del siguiente estímulo.
- Los componentes obtenidos en los PREsD, podrían ser de utilidad práctica en la exploración experimental de diferentes trastornos cognitivos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- ♦ Abdullaev YG, Posner MI. 1998. Event-related brain potential imaging of semantic encoding during processing single words. 1998. *Neuroimage*. 7:1-13.
- ♦ Adan A. 1991. Relación entre temperatura corporal y ejecución: influencia de la matutinidad y el sexo. *Revista de Psicología General y Aplicada*. 44: 457-463.
- ♦ Adan A. 1995. La cronopsicología, su estado actual: una revisión. *Revista Latinoamericana de Psicología*. Vol. 27, 3: 391-428.
- ♦ Adan A, Almirall H. 1990. Estandarización de una escala reducida de matutinidad en población española: diferencias individuales. *Psicothema*. 2: 137-149.
- ♦ Adam N, Collins G. 1978. Late components of the visual evoked potential to search in short-term memory. *Electroencephalogr clin Neurophysiol*. 44: 147-156.
- ♦ Alcaraz VM, Díaz de León AE, García R, Guevara MA y Ramírez V. 1992. La dinámica de la actividad eléctrica cerebral en el curso de la composición de frases. *Rev Lat Pens Leng*. 1: 104-116.
- ♦ American Electroencephalographic Society. 1991. Guidelines for standard electrode position nomenclature. *J clin Neurophysiol*. 8: 200-201.
- ♦ Annett M. 1970. A classification of hand preference by association analysis. *Brit J Psychology*. 19: 327-333.
- ♦ Atkinson RC, Shiffrin RM. 1968. Human memory: A proposed system and its control processes. En: *The Psychology of learning and motivation*. Vol. 2, K.W. Spence (ed). New York (NY), Academic Press, 89-195.
- ♦ Baddeley AD. 1966. Short-term memory for word sequences as a function of acoustic, semantic and formal similarity. *Q J Exp Psychol*. 18: 362-365.
- ♦ Baddeley A. 1986. Working memory. Clarendon Press, Oxford, NY.
- ♦ Baddeley AD. 1992. Working memory: The interface between memory and cognition. *J Cog Neurosci*. 4: 281-288.
- ♦ Baddeley AD, Hitch G. 1974. Working memory. En G. A. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation*. Vol. 8, 47-89. New York: Academic Press.
- ♦ Baddeley AD, Papagno C, Vallar G. 1988. When long term learning depends on short-term storage. *J Mem Lang*. 27: 586-595.
- ♦ Baddeley AD, Warrington EK. 1970. Amnesia and the distinction between long- and short-term memory. *J Verbal Learn and Verbal Behav*. 9: 176-189.
- ♦ Bateria de trastornos de la percepción (BTP). Manual del Usuario. Versión 1.0. La Habana. *Neuronic S.A.*
- ♦ Barnea A, Lamm O, Epstein R, Pratt H. 1994. Brain potentials from dyslexic children recorded during short-term memory tasks. *Int J Neurosci*. 74: 227-237.
- ♦ Begleiter H, Porjesz B, Wang W. 1993. A neurophysiologic correlate of visual short-term memory in humans. *Electroencephalogr clin Neurophysiol*. 87: 46-53.
- ♦ Bentin S, Moscovitch M. 1990. Psychophysiological indices of implicit memory performance. *Bull Psychonom Soc*. 28: 346-352.
- ♦ Brown J. 1958. Some tests of the decay theory of immediate memory. *Q J Exp Psychol*. 10:12-21.

- ♦ Caramazza A. 1988. Some aspects of language processing revealed through the analysis of acquired aphasia: The lexical System. *Ann Rev Neurosc*, 11:395-421.
- ♦ Case R. 1987. Neo-piagetian theory: Retrospect and prospect. *Int J Psychol*. 22, 773-791.
- ♦ Case R. 1992. Neo-piagetian theories of intellectual development. En H. Beilin & P.B. Pufall (Eds.), *Piaget's theory: Prospect and possibilities* (pp. 61-104). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbawm Associates Inc.
- ♦ Chao LL, Nielsen-Bohlman L, Knight RT. 1995. Auditory event-related potentials dissociate early and late memory processes. *Electroencephalogr clin Neurophysiol*. 96: 157-168.
- ♦ Coles MGH, Smid HGO, Scheffers MK, Otten LJ. 1996. Mental chronometry and the study of human information processing. En "Electrophysiology of mind. Event-related potentials and cognition". Rugg MD & Coles MGH (Eds.) Oxford Psychology Series 25: 86-131. Oxford University Press, New York.
- ♦ Conrad R., Hull AJ. 1964. Information, acoustic confusion and memory span. *Br J Psychol*. 55: 429-432.
- ♦ Courchesne E. 1977. Event related brain potentials: Comparison between children and adults. *Science*. 197: 589-592.
- ♦ Courchesne E. 1978. Changes in P3 waves with event repetition: long-term effects on scalp distribution and amplitude. *Electroencephalogr clin Neurophysiol*. 45: 754-766.
- ♦ Courchesne E, Courchesne RY, Hylliard SA. 1978. The effect of stimulus deviation on P3 waves to easily recognized stimuli. *Neuropsychologia*. 16: 189-199.
- ♦ Courchesne E, Gantz L, Norcia AM. 1981. Event-related brain potentials to human faces in infants. *Child Dev*. 52: 804-811.
- ♦ Craik FIM. 1977. Age differences in human memory. En: J. E. Birren y K. W. Schaie (Eds.). *Handbook of the Psychology or Aging*. Van Nostrand Reinhold, New York, p.p. 384-420.
- ♦ Craik FIM. 1984. Age differences in remembering. En: L. R. Squire y Butters (Eds.). *Handbook of the Psychology of Aging*. Guilford Press. New York, p.p. 3-12.
- ♦ Crowder RC, Morton J. 1969. Precategorical acoustic storage. *Perception and Psychophysic*. 5, 365-373.
- ♦ Daneman M, Carpenter PA. 1980. Individual differences in working memory and reading. *J Verbal Learn Verbal Behav*. 19: 450-466.
- ♦ Dasen PR, de Ribaupierre A. 1987. Neo-piagetian theories: cross-cultural and differential perspectives. *Int J Psychol*. 22, 793-832.
- ♦ Davies AD, Davies DR. 1975. The effects of noise and time of day upon age differences in performance at two checking tasks. *Ergonomics* 18: 321-336.
- ♦ Davies DR, Parasuraman R. 1982. *The psychology of vigilance*. New York: Academic Press.
- ♦ Deaton JE, Parasuraman R. 1993. Sensory and cognitive vigilance: Effects of age on performance and subjective workload. *Human Performance*. 6: 71-97.
- ♦ de Ribaupierre A, Bailleux C. 1994. Developmental change in a spatial task of attentional capacity: an essay toward an integration of two working memory models. *Int J Behav Neurosci*. 17(1): 5-35.
- ♦ Desmedt J. 1981. P300 in serial tasks: An essential post-decision closure mechanisms. *Progress in Brain Research*, 54, 682-686.
- ♦ De Toffol B, Autret A. 1990. Influence of lateralized neuropsychological activities with and without sensorimotor components on electroencephalographic spectral power ( $\alpha$ -rhythm). *Int J Psychophysiol*. 11: 109-114.

- ♦ DIANA. 1996. Manual del Usuario. *Versión 1.0. La Habana. Neuronica S.A.*
- ♦ Donchin E, Coles MGH. 1988. Is the P300 component a manifestation of context updating?. *Behav Brain Sci.* 11: 357-374.
- ♦ Dujardin K, Bourriez JL, Guieu JD. 1994. Event-related desynchronization (ERD) patterns during verbal memory tasks: effect of age. *Int J Psychophysiol.* 16: 17-27.
- ♦ Dujardin K, Bourriez JL, Guieu JD. 1995. Event-related desynchronization (ERD) patterns during memory processes: effects of aging and task difficulty. *Int J Psychophysiol.* 16: 17-27.
- ♦ Ellwanger J, Rosenfeld JP, Sweet JJ, Bhatt M. 1996. Detecting simulated amnesia for autobiographical and recently learned information using the P300 event-related potential. *Int J Psychophysiol.* 23(1-2): 9-23.
- ♦ Fernández T, Harmony T, Rodríguez M, Bernal J, Silva J, Reyes A, Marosi E. 1995. EEG activation patterns during the performance of tasks involving different components of mental calculation. *Electroencephalogr clin Neurophysiol.* 94: 175-182.
- ♦ Folkard S, Monk H. 1980. Circadian rhythms in human memory. *British Journal of Psychology.* 71: 295-307.
- ♦ Friedman D, Brown C, Comblatt B, Vaughan HG, Erlenmeyer-Kimling L. 1984. Cognitive brain potential components in adolescents. *Psychophysiology.* 21: 83-96.
- ♦ Fuster JM. 1980. The prefrontal cortex. Raven Press, New York.
- ♦ Fuster JM. 1995. Memory in the cerebral cortex: An empirical approach to neural networks in the human and nonhuman primate. *Cambridge (MA), MIT Press.*
- ♦ Gershberg FB, Shimamura AP. 1995. Impaired use of organizational strategies in free recall following frontal lobe damage. *Neuropsychologia.* 13(10): 1305-1333.
- ♦ Gevins A, Cutillo B. 1993. Spatiotemporal dynamics of component processes in human working memory. *Electroenceph clin Neurophysiol.* 87: 128-143.
- ♦ Gevins A, Smith ME, Le J, Leong H, Bennet J, Martin N, McEvoy L, Du R, Whitfield S. 1996. High resolution evoked potential imaging of the cortical dynamics of human working memory. *Electroencephalogr clin Neurophysiol.* 98(4):327-48.
- ♦ Gevins A, Smith ME, McEvoy L, Yu D. 1997. High-resolution EEG mapping of cortical activation related to working memory: effects of task difficulty, type of processing, and practice. *Cereb Cortex.* Jun 7(4): 374-385.
- ♦ Givens B, Olton DS. 1994. Local modulation of basal forebrain: effects on working and reference memory. *J Neurosci* 14(6):3578-3587.
- ♦ Givens B. 1996. Stimulus-evoked resetting of the dentate theta rhythm: relation to working memory. *Neuroreport* 8(1):159-163.
- ♦ Gold JM, Berman KF, Randolph C, Goldberg TE, Weinberger DR. 1996. PET validation of a novel prefrontal task: Delayed response alternation. *Neuropsychology.* Vol 10, 1: 3-10.
- ♦ Goldberg TE, Berman KF, Fleming K, Ostrem J, Van Horn JD, Esposito G, Mattay VS, Gold JM, Weinberger DR. 1998. Uncoupling cognitive workload and prefrontal cortical physiology: a PET rCBF study. *Neuroimage.* 7:296-303.
- ♦ Goldman-Rakic PW. 1988. Topography of cognition. Parallel distributed networks in primate association cortex. *Ann Rev Neurosci.* 11: 137-156.
- ♦ Goldman-Rakic PS, Friedman HR. 1991. The circuitry of working memory revealed by anatomy and metabolic imaging. En *Frontal lobe function and dysfunction* (H.S. Levin, H.M. Eisenberg, and A.L. Benton, Eds.), pp. 72-91. Oxford University Press, New York.

- ♦ Gómez Velázquez FR, Gumá Díaz E, González-Garrido AA, Pérez Santiago JL. Influencia de la motivación sobre la memoria de trabajo. *Revista Latina de Pensamiento y Lenguaje*. (Enviado a publicar).
- ♦ González-Garrido AA, Valdés-Sosa M, Bobes MA. 1991. Potenciales relacionados a eventos durante la lectura ¿procesamiento lingüístico en el hemisferio derecho?. *Salud Mental*. 14: 44-48.
- ♦ González-Garrido AA, Oropeza de Alba JL, Riestra-Castañeda R, Riestra-Castañeda JM, Pérez-Avalos MC, Valdés-Sosa MJ. 1997. Event-Related Brain Potentials to semantical incongruent words in children of different ages. *Arch Med Res*. 28 (1): 109-113.
- ♦ González-Garrido AA, Oropeza de Alba JL, Gómez-Velázquez FR, Fernández T. 1999. P300 and CPT tasks in scholar children. *Arch Med Res* (enviado a publicar).
- ♦ Gopher D, Donchin E. 1986. Workload-An examination of the concept. En *Handbook of Human Perception and Performance* (K.R. Boff, L. Kaufman, and J.P. Thomas, Eds.), pp. 41-1-41-49. Wiley, New York.
- ♦ Grippo A, Pelosi L, Mehta V, Blumhardt LD. 1996. Working memory in temporal lobe epilepsy: an event-related potential study. *Electroencephalogr clin Neurophysiol*. 99(3): 200-213.
- ♦ Gunter TC, Jackson JL, Mulder G. 1995. Language, memory, and aging: an electrophysiological exploration of the N400 during reading of memory-demanding sentences. *Psychophysiol*. 32(3): 215-229.
- ♦ Harkins SW, Nowlin JB, Ramm D, Shroeder S. 1974. Effects of age, sex, and time-on-watch on a brief continuous performance task. En E. Palmore (Ed.), *Normal aging II*. pp.140-150. Durham, NC: Duke University Press.
- ♦ Harmony T. 1989. Psychophysiological evaluation of children's neuropsychological disorders. *Handbook of Clinical Child Neuropsychology*. 15: 265-290.
- ♦ Harter M, Miller SL, Price NJ, LaLonde ME, Keyes AL. 1989. Neural processes involved in directing attention. *Journal of Cognitive Neuroscience*. 1: 223-37.
- ♦ Hartley AA. 1992. Attention. En F.I.M. Craik & T.A. Salthouse (Eds.), *The handbook of aging and cognition* (pp. 3-49). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- ♦ Hillyard SA, Picton TW. 1989. Electrophysiology of Cognition. En *Handbook of Physiology-The Nervous System V*. P. Plum (Ed.).
- ♦ Honda M, Barrett G, Yoshimura N, Ikeda A, Nagamine T, Shibasaki H. 1996. Event-related potentials during paired associate memory paradigm. *Electroencephalogr clin Neurophysiol*. 100(5): 407-421.
- ♦ Howard L, Polich J. 1985. P300 latency and memory span development. *Dev Psychol*. 21: 283-289.
- ♦ Hulme C, Thomson N, Muir C, Lawrence A. 1984. Speech rate and the development of short term memory span. *J Exp Child Psychol*. 38: 241-253.
- ♦ Huppert FA. 1989. Age related changes in memory: Learning and remembering new information. En F. Boller y J. Grafman (Eds.). *Handbook of Neuropsychology*. Elsevier, Amsterdam.
- ♦ Janowsky JS, Shimamura AP, Kritchevsky M, Squire LR. 1989. Cognitive impairment following frontal lobe damage and its relevance to human amnesia. *Behav. Neurosci*. 103: 548-560.
- ♦ John ER. 1968. Mechanisms of memory. *New York: Academic Press (2nd. printing)*.

- ♦ John ER, Easton P, Isenhardt P, Allen P, Gulyashar A. 1996. Electrophysiological analysis of the registration, storage and retrieval of information in delayed matching from samples. *Int J Psychophysiol.* 24(1-2): 127-144.
- ♦ John ER, Easton P. 1995. Quantitative electrophysiological studies of mental tasks. *Biol Psychol.* 40(1-2): 101-113.
- ♦ Johnson RJr. 1986. A triarchic model of P300 amplitude. *Psychophysiology.* 23: 367-84.
- ♦ Just MA, Carpenter PA. 1992. A capacity theory of comprehension: Individual differences in working memory. *Psychol Rev.* 99: 122-149.
- ♦ Just MA, Carpenter PA, Keller TA, Eddy WF, Thulborn KR. 1996. Brain activation modulated by sentence comprehension. *Science.* 4,274(5284):114-6.
- ♦ Katayama J, Polich J. 1996. P300, probability, and the three tone paradigm. *Electroencephalogr clin Neurophysiol.* 100:555-562.
- ♦ Kerkhof GA. 1985. Inter-individual differences in human circadian system: a review. *Biological Psychology.* 20: 83-112.
- ♦ Kiss I, Pisio C, Francois A, Schopfloch D. 1998. Central executive function in working memory: event-related brain potential studies. *Cognitive Brain Research.* 6: 235-247.
- ♦ Klimesch W, Pfurtscheller G, Mohl W. 1988. ERD mapping and long-term memory: the temporal and topographical pattern of cortical activation. *En G. Pfurtscheller and F.H. Lopes da Silva (Eds.), Functional Brain Imaging. Hans Huber, Toronto,* 131-141.
- ♦ Klimesch W, Pfurtscheller G, Mohl W, Schimke H. 1990. Event-related desynchronization, ERD mapping and hemispheric differences for words and numbers. *Int J Psychophysiol.* 8: 297-308.
- ♦ Kok A, Rooijackers JAJ. 1985. Comparison of event-related potentials of young children and adults in a visual recognition and word reading task. *Psychophysiology.* 22: 11-23.
- ♦ Kotchoubey BI, Jordan JS, Grozinger B, Westphal KP, Kornhuber HH. 1996. Event-related brain potentials in a varied-set memory search task: A reconsideration. *Psychophysiol.* 33: 530-540.
- ♦ Krause CM, Lang H, Laine M, Kuasisto M, Porn B. 1995. Cortical processing of vowels and tones as measured by event-related desynchronization. *Brain Topogr.* 8: 47-56.
- ♦ Kyllonen PC, Chrystal RE. 1990. Reasoning ability is (little more than) working-memory capacity?!. *Intelligence,* 14: 389-433.
- ♦ Lang W, Starr A, Lang V, Lindinger G, Deecke L. 1992. Cortical DC potential shifts accompanying auditory and visual short-term memory. *Electroencephalogr clin Neurophysiol.* 82: 285-295.
- ♦ Larsen RJ. 1985. Individual differences in circadian activity rhythms and personality. *Personality and Individual Differences.* 6: 305-311.
- ♦ Leiphart J, Rosenfeld JP, Gabrieli JD. 1993. Event-related potential correlates of implicit priming and explicit memory tasks. *Int J Psychophysiol.* 15(3): 197-206.
- ♦ Lebedev AN. 1994. The neuropsychological parameters of human memory. *Neurosci Behav Physiol* 24(3):254-259.
- ♦ Makeig S, Inlow M. 1993. Lapses in alertness: coherence of fluctuations in performance and EEG spectrum. *Electroencephalogr clin Neurophysiol.* 86: 23-35.
- ♦ Martin-Loeches M, Gomez-Jarabo G, Rubia FJ. 1994. Human brain potentials of spatial location encoding into memory. *Electroencephalogr clin Neurophysiol.* 91(5): 363-373.

- ◆ McCarthy G, Donchin E. 1981. A metric for thought: A comparison of P300 latency and reaction time. *Science*, 211: 77-80.
- ◆ Mecacci L, Seaglione MR, Vitrano Y. 1991. Diurnal and monthly variations of temperature and self-reported activation in relation to sex and circadian typology. *Personality and Individual Differences*. 12: 819-824.
- ◆ Mecklinger A, Pfeifer E. 1996. Event-related potential reveal topographical and temporal distinct neuronal activation patterns for spatial and object working memory. *Brain Res Cogn Brain Res*. 4(3): 211-224.
- ◆ Milner B. 1966. *Amnesia*. Whity CWM & Zangwill LO (Eds.). Butterworth, London. 109-133.
- ◆ Neal GL, Pearson RG. 1966. Comparative effects of age, sex, and drugs upon two tasks of auditory vigilance. *Perceptual and Motor Skills*, 23: 967-974.
- ◆ Neville HJ, Kutas M, Schmidt A. 1984. Event-related potential studies of cerebral specialization during reading. *Ann New York Acad Sci*. 425: 370-376.
- ◆ Norman DA, Shallice T. 1980. Attention to action: Willed and automatic control of behavior. University of California San Diego CHIP Report 99. Citado en Baddeley (1992).
- ◆ O'Donnell BF, Cohen RA, Hokama H, Cuffin BN, Lippa C, Shenton ME, Drachman DA. 1993. Electrical source analysis of auditory ERPs in medial temporal lobe amnesic syndrome. *Electroencephalogr clin Neurophysiol*. 87: 394-402.
- ◆ Okita T, Wijers AA, Mulder G, Mulder LJ. 1985. Memory search and visual spatial attention: an event-related brain potential analysis. *Acta Psychol*. 60: 263-292.
- ◆ Owen AM, Sahakian BJ, Semple J, Polkey CE, Robbins TW. 1995. Visuo-spatial short-term recognition memory and learning after temporal lobe excisions, frontal lobe excisions or amygdalo-hippocampectomy in man. *Neuropsychologia*. 33: 1-24.
- ◆ Parasuraman R, Nestor P, Greenwood O. 1989. Sustained attention capacity in young and older adults. *Psychology and Aging*. 4: 339-345.
- ◆ Pascual-Leone J. 1970. A mathematical model for the transition rule in Piaget's developmental stages. *Acta Psychologica*. 32, 301-345.
- ◆ Pascual-Leone J. 1984 Attention, dialectic and mental effort: Toward and organismic theory of life stages. En M.L. Commons, F.A. Richards, & C. Armon (Eds.), *Beyond formal operations* (pp.182-215). New York: Praeger.
- ◆ Pascual-Leone J, Ijaz I. 1989. Mental capacity testing as a form of intellectual-developmental assessment. En R. J. Samuda, S.L. Kong, J. Cummins, J. Pascual-Leone & J. Lewis (Eds.). *Assessment and placement of minority students* (pp. 143-171). Toronto: Hogrefe.
- ◆ Pelosi L, Hayward M, Blumhardt LD. 1995. Is "memory-scanning" time in Sternberg paradigm reflected in the latency of event-related potentials?. *Electroencephalogr clin Neurophysiol: Evoked Potentials*. 96: 44-55.
- ◆ Peterson LR, Peterson MJ. 1959. Short-term retention of individual verbal items. *J Exp Psychol*. 58:193-198.
- ◆ Petersen RC, Weingartner H. 1991. Memory Nomenclature. En *Memory disorders: research and clinical practice*. Takehiko Yanagihara and Ronald C. Petersen (Eds.). Mayo Clinic and Mayo Foundation. Roch Minn. Marcel Dekker, Inc. New York. 2:9-20.
- ◆ Pfurtscheller G, Aranibar A. 1977. Event-related cortical desynchronization detected by power measurements of scalp EEG. *Electroencephalogr clin Neurophysiol*. 42:817-826.

- ◆ Polster MR, Nadel L, Schacter DI. 1991. Cognitive neuroscience analyses of memory: a historical perspective. *J Cog Neurosci*, 2: 95-116.
- ◆ Posner MI. 1980. Orienting the attention. *Q J Exp Psychol*, 32:3-25.
- ◆ Posner MI, Petersen SE, Fox PT, Raichle ME. 1988. Localization of cognitive operations in the human brain. *Science* 240:1627-1631.
- ◆ Posner MI, Raichle ME. 1994. Images of mind. Scientific American Library, New York.
- ◆ Pratt H, Michalewski H, Barret G, Starr A. 1989. Brain potentials in a memory-scanning task. Y. Modality and task effects on potentials to the probes. *Electroencephalogr clin Neurophysiol*. 72: 507-517.
- ◆ Redondo M, Del Valle-Inclán F. 1992. Decrements in heart rate variability during memory search. *Int J Psychophysiol*. 13: 29-35.
- ◆ Roberts RJr, Pennington BF. 1996. An interactive framework for examining prefrontal cognitive processes *Dev Neuropsychol*. 12(1): 105-126.
- ◆ Ruchkin DS, Johnson R Jr, Grafman J, Canoune H, Ritter W. 1997. Multiple visuo-spatial working memory buffers: evidence from spatiotemporal patterns of brain activity. *Neuropsychologia*. 35(2): 195-209.
- ◆ Ruchkin DS, Canoune HL, Johnson RJr, Ritter W. 1995. Working memory and preparation elicit different patterns of slow wave event-related brain potentials. *Psychophysiol*. 32(4): 399-410.
- ◆ Ruchkin DS, Grafman J, Krauss GL, Johnson R Jr, Canoune H, Ritter W. 1994. Event-related brain potential evidence for a verbal working memory deficit in multiple sclerosis. *Brain*. 117(Pt 2): 289-305.
- ◆ Rugg MD. 1987. Dissociation of semantic priming, word and non-word repetition effects by event-related potentials. *Q J Exp Psychol*. 39A: 123-148.
- ◆ Rumelhardt DE, McClelland JL. 1982. An interactive activation model of context effects in letter perception: part 2. The contextual enhancement effect and some tests and extensions of the model. *Psychol Rev*. 89:60-94.
- ◆ Sammer G. 1995. Nonlinear brain dynamics and working memory load. *Abstracts of the Annual Meeting of the German Psychophysiology Society*.
- ◆ Schacter DL. 1987. Implicit memory: History and current status. *J Exp Psychol* 13:501-518.
- ◆ Scheffers MK, Johnson R Jr. 1994. Recognition memory and search for attended letters: An event-related potential analysis. *J Psychol*. 8: 328-347.
- ◆ Schneider W, Pressley M. 1997. Memory development between two and twenty. Second Edition. Lawrence Erlbaum Associates, Inc. NJ. pps. 54-79.
- ◆ Shallice T. 1988. From Neuropsychology to Mental Structure. Cambridge University Press, New York.
- ◆ Shallice T. 1992. Neuropsychological investigation of supervisory processes. En: "*Attention, selection, awareness and control. A tribute to Donald Broadbent*". Baddeley A & Weiskrantz L (Eds.). Oxford, University Press.
- ◆ Shallice T, Vallar G. 1990. The impairment of auditory-verbal short-term storage. In: *Neuropsychological impairment of short-term memory*. Shallice T & Vallar G (Eds.). New York (NY), Cambridge University Press.
- ◆ Shallice T, Warrington EK. 1970. Independent functioning of verbal memory stores: A neuropsychological study. *Q J Exp Psychol*. 22: 261-273.

- ♦ Smith EE, Jonides J, Koeppe RA, Awh E, Schumacher EH, Minoshima S. 1995. Spatial versus object working memory: PET investigations. *J Cog Neurosci.* 7: 337-356.
- ♦ Squire LR, Zola-Morgan M. 1991. The medial temporal lobe memory system. *Science.* 253: 1380-1386.
- ♦ Starr A, Dong CJ, Michalewski HJ. 1996. Brain potentials before and during memory scanning. *Electroencephalogr clin Neurophysiol.* 99: 28-37.
- ♦ Sternberg S. 1966. High-speed scanning in human memory. *Science.* 153: 652-654.
- ♦ Sternberg S. 1969a. Memory scanning: Mental processes revealed by reaction time experiments. *Amer Scientist.* 57: 421-457.
- ♦ Sternberg S. 1969b. The discovery of processing stages: extensions of Donders' method. En *Attention and Performance II* (ed. W.G. Koster), pp. 276-315. North-Holland, Amsterdam.
- ♦ Tomporowsky PD, Tinsley VF. 1996. Effects of memory demand and motivation on sustained attention in young and older adults. *Am J Psychol.* 109. 2: 187-204.
- ♦ Tomporowsky PD, Simpson RG, Hager L. 1993. Method of recruiting subjects and performance on cognitive tests. *Am J Psychol.* 106: 499-521.
- ♦ Tulving E. 1972. Episodic and semantic memory: En E. Tulving & W. Donaldson (Eds.), *Organization of memory* (pp. 381-403). New York: Academic Press.
- ♦ Tune GS. 1966. Age differences in errors of commission. *British Journal of Psychology.* 57: 391-392.
- ♦ Ungerleider LG. 1995. Functional brain imaging studies of cortical mechanisms for memory. *Science.* 270: 769-775.
- ♦ Verleger R. 1988. Event-Related potentials and cognition: a critique of the context updating hypothesis and an alternative interpretation of P3. *Behavioral and Brain Sciences*, 11, 343-356.
- ♦ Waugh NC, Norman DA. 1965. Primary memory. *Psychol Rev* 72:89-104.
- ♦ Wilson GD. 1990. Personality, time of day and arousal. *Personality and Individual differences.* 11: 153.