

30362

1
2ej

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO



CAMPUS " I Z T A C A L A "

"ANALISIS DE FRECUENCIAS Y COHERENCIAS
ELECTROENCEFALOGRAFICAS EN ALGUNAS
TAREAS DE ATENCION Y MEMORIA"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN NEUROCIENCIAS

P R E S E N T A :

JOSE TRINIDAD GOMEZ HERRERA

ASESORA:

DRA. en C. THALIA FERNANDEZ HARMONY

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

1999
272915



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

RECONOCIMIENTOS:

A MI DIRECTORA DE TESIS, LA DRA. THALIA FERNANDEZ HARMONY, POR TODO SU ESFUERZO, TRABAJO Y APOYO, PERO SOBRE TODO POR SER UNA GRAN MUJER Y UNA EXCELENTE AMIGA.

A MIS SINODALES, POR SU INVALUABLE APOYO Y ASESORIA:

DRA. THALIA HARMONY BAILLET

DRA. ERZSEBET MAROSI HOLCZBERGER

DRA. JOSEFINA RICARDO GARCELL

DR. JUAN FELIPE SILVA PEREYRA

NOVIEMBRE DE 1999

DEDICATORIA

DEDICO ESTE TRABAJO Y TODO EL ESFUERZO QUE HA IMPLICADO

A LA COMPAÑERA DE MI VIDA:

A MA. ANTONIETA COVARRUBIAS TERAN

POR-QUE A LO LARGO DE TANTOS AÑOS HA SABIDO SER
COMPAÑERA SOLIDARIA, COMPAÑERA CRÍTICA, COMPAÑERA
PLENA.

DEDICATORIA

DEDICO ESTE TRABAJO Y TODO EL ESFUERZO QUE HA IMPLICADO
A LA COMPAÑERA DE MI VIDA:

A MA. ANTONIETA COVARRUBIAS TERAN

POR QUE A LO LARGO DE TANTOS AÑOS HA SABIDO SER
COMPAÑERA SOLIDARIA, COMPAÑERA CRÍTICA, COMPAÑERA
PLENA.

ÍNDICE

	PÁGINA
INTRODUCCIÓN	1
MODELOS PSICOLÓGICOS Y BASES NEUROFISIOLÓGICAS DE LA ATENCIÓN	4
MODELO DE ATENCIÓN DE POSNER	9
MODELO DE ATENCIÓN DE MESULAM	11
MODELOS Y BASES NEUROFISIOLÓGICAS D LA MEMORIA	12
MODELO DE MEMORIA DE TRABAJO DE BADDELEY	19
MODELO DE FLUJO DE CONTROL DE INFORMACIÓN DE NORMAN Y SHALLICE	21
ESTUDIOS ELECTROENCEFALOGRÁFICOS EN TAREAS DE ATENCIÓN Y MEMORIA	24
ANTECEDENTES EXPERIMENTALES DE LA PRESENTE INVESTIGACIÓN	33
METODOLOGÍA	36
PROCEDIMIENTO	38
PRUEBA DE ATENCIÓN	38
PRUEBA DE MEMORIA	40
ANÁLISIS ESTADÍSTICO	42

RESULTADOS

CORRELACIÓN ENTRE LOS VALORES DE POTENCIA ABSOLUTA Y LOS PARÁMETROS EVALUADOS EN LA EJECUCIÓN DE LA TAREA DE ATENCIÓN	43
---	----

CORRELACIÓN ENTRE LOS VALORES DE LA POTENCIA RELATIVA Y LOS PARÁMETROS EVALUADOS EN LA EJECUCIÓN DE LA TAREA DE ATENCIÓN.....	46
CORRELACIÓN ENTRE LOS VALORES DE LA COHERENCIA Y LOS PARÁMETROS EVALUADOS EN LA EJECUCIÓN DE LA TAREA DE ATENCIÓN.....	48
CORRELACIÓN ENTRE LOS VALORES DE POTENCIA ABSOLUTA Y LOS PARÁMETROS EVALUADOS EN LA EJECUCIÓN DE LA TAREA DE MEMORIA.....	56
CORRELACIÓN ENTRE LOS VALORES DE LA POTENCIA RELATIVA Y LOS PARÁMETROS EVALUADOS EN LA EJECUCIÓN DE LA TAREA DE MEMORIA.....	57
CORRELACIÓN ENTRE LOS VALORES DE LA COHERENCIA Y LOS PARÁMETROS EVALUADOS EN LA EJECUCIÓN DE LA TAREA DE MEMORIA.....	58
DISCUSIÓN	64
CONCLUSIONES	72
BIBLIOGRAFIA	73

RESUMEN

Se estudio a un grupo de 25 niños normales (12 niñas y 13 niños), en un rango de edades entre 10 y 12 años. A cada escolar se le realizó un examen neurológico, con la intención de seleccionar a aquellos sin síntomas ni signos neurológicos, también se les evaluó con las escalas de ejecución y verbal del WISC-R (versión revisada del Weschler Intelligence Scale for Children), seleccionando aquellos niños que obtuvieron puntuaciones superiores a 90 y que además no habían reprobado ningún ciclo escolar.

En este trabajo se exploraron:

- 1.- Las relaciones entre los parámetros espectrales del EEG y la Potencia Relativa (PR).
- 2.- Las relaciones entre los parámetros espectrales del EEG y la Potencia Absoluta (PA). y
- 3.- La coherencia electroencefalográfica.

El EEG se registró en condiciones de reposo con los ojos cerrados y se analizó con respecto a las variables derivadas de la ejecución en tareas de atención selectiva y memoria de trabajo verbal realizadas en una sesión independiente.

Se evaluó la ejecución de los niños de forma automática por medio de una computadora; calculando en la tarea de atención visual: el número de aciertos, el número de falsas alarmas y el número de omisiones. En la tarea de memoria se evaluó: el número de aciertos, el tiempo que ocupaban para retener y el tiempo de reacción promedio en las respuestas correctas. Respecto del EEG, se seleccionaron 24 segmentos de 2.56 segundos, libres de artefactos, en las 19 derivaciones del sistema internacional 10-20; para su análisis, se hicieron los archivos de datos y se calcularon los coeficientes de correlación entre los valores transformados de PA y de PR en cada derivación y cada banda vs. Los parámetros de las

pruebas de atención y memoria; tomando en consideración niveles de significancia menores al 0.05.

Como se expuso inicialmente, el objetivo del presente trabajo de investigación era comprobar si la ejecución de ciertos procesos cognoscitivos (atención y memoria), se correlacionaban o no con los parámetros espectrales del EEG. A partir de los resultados encontrados podemos concluir que la ejecución en las tareas de atención selectiva y memoria de trabajo verbal tienen una correlación significativa con la PR en determinados rangos de frecuencia y con los patrones de coherencia del EEG de base de los niños. Los resultados sugieren que para una mejor ejecución en la tarea de atención, es necesario que el EEG de reposo de los niños tenga mayor actividad alfa y beta y menor actividad lenta principalmente en regiones frontales derechas. Asimismo, para una mejor ejecución en la tarea de memoria de trabajo, podría ser necesario la existencia de determinados patrones de coherencia que involucran al hemisferio izquierdo, principalmente a las regiones frontales, dichos patrones de coherencia parecen depender en gran medida de la edad de los sujetos.

I N T R O D U C C I Ó N :

En el hombre, el estudio de los procesos mentales involucrados en la actividad cognoscitiva se ha abordado mediante el uso de diversos métodos; entre ellos se encuentran la aplicación de pruebas psicológicas y neuropsicológicas, el estudio de la actividad eléctrica cerebral y los estudios de flujo cerebral, ya sea mediante la Tomografía por Emisión de Positrones (PET), la Tomografía por Emisión de Fotón Único (SPECT) o la Resonancia Magnética Funcional (RMF).

Es conocido que cualquier actividad cognoscitiva involucra, en menor o mayor grado, los procesos mentales de atención y memoria. De ahí que evaluar en niños estas funciones particulares sea relevante como exploración de su actividad cognoscitiva.

El avance de las Neurociencias ha permitido profundizar en el análisis psicológico y fisiológico de los procesos de atención y memoria, así como establecer correlatos entre estas funciones y la anatomía del Sistema Nervioso Central, pues consideramos que la actividad mental es el resultado de la actividad neuronal.

Históricamente han existido muchas corrientes que han diferido en su posición acerca de la relación entre los procesos mentales y las áreas cerebrales involucradas en su realización. Es conocida la corriente localizacionista de Gall, quien consideraba que cada proceso era función de una única

estructura. Posteriormente, en contra de esta posición, surgió la corriente antilocalizacionista de la cual Lashley fue su máximo exponente; además de plantear que no había un único sustrato anatómico asociado a un proceso mental, también enunció la Ley de Acción de Masas; la cuál consideraba que lo importante para poder llevar a cabo un proceso mental era la cantidad de cerebro involucrado en el proceso, considerándolo como un todo inespecífico. Más tarde, apareció Luria, quien produjo un cambio radical en la concepción sobre la localización cerebral de las funciones mentales, conciliando las posiciones localizacionista y antilocalizacionista. Luria (1982) postuló que para la realización de los procesos mentales es necesaria la colaboración simultánea de tres unidades: una unidad de la cuál depende el estado de conciencia, otra cuya función es recibir, analizar y almacenar información, y por último, la unidad encargada de programar, regular y verificar la actividad. En estudios con pacientes lesionados de guerra, Luria logró establecer una relación entre cada una de estas unidades y una región del Sistema Nervioso. Por ejemplo, él consideraba que el estado de conciencia dependía principalmente de los núcleos colinérgicos y noradrenérgicos de tallo cerebral incluidos en la Formación Reticular Activadora Ascendente descrita por Moruzzi y Magoun en 1949 (cit. En Luria, 1982) y que era función de la corteza prefrontal el programar, regular y verificar la actividad; sin embargo en la unidad encargada de recibir, analizar y almacenar la información se consideraba la percepción proveniente de todas las modalidades sensoriales y la memoria, por lo cual se asociaba a las áreas corticales primarias y de asociación dependiendo de la modalidad en cuestión. De una

manera global, aún se acepta este planteamiento, aunque autores como Posner y Mesulam lo han enriquecido en las últimas décadas. Mesulam (1990) incluye la existencia de un sistema relacionado a la emoción, imprescindible en la recepción, análisis y almacenamiento de la información, así como la relación con otros sistemas como el motor, por ejemplo, para poder llevar a cabo el proceso de atención, proponiendo a la región cingulada anterior como la estructura en donde se le da valor al estímulo. Posner (1995) resalta la existencia de una red ejecutiva anterior, conformada por la región del cíngulo y la corteza prefrontal, como la responsable de la realización de las tareas, y una red posterior más relacionada con la ubicación perceptual de los objetos en el espacio, constituida por los lóbulos parietales y el núcleo pulvinar del tálamo. De acuerdo a Posner, estas redes inciden en las áreas sensoriales para facilitar el procesamiento de los estímulos.

Sin embargo, la aportación más importante de Mesulam (1990) es su planteamiento acerca de que los procesos cognoscitivos de atención y memoria son el resultado del procesamiento de la información distribuida y en paralelo. Propone que para cada proceso existe un "modelo de redes cognoscitivas de gran escala", que incluye redes neuronales locales, distribuidas en gran cantidad de regiones cerebrales, que trabajan al unísono. Estas redes entre sí no son necesariamente ajenas, es decir, una neurona puede pertenecer a varias de ellas. El hecho de que en las grandes redes predominen las conexiones monosinápticas, refuerza la existencia de un "paralelismo". Por otro lado, Volkow y Tancredi

(1991) hablan de un patrón de interconexiones cerebrales; plantean que un mismo estímulo se procesa simultáneamente en distintas áreas cerebrales, cada una de las cuales ejecuta una operación específica.

En vista de que estamos interesados en los procesos de atención y memoria, se expondrán a continuación para cada proceso algunos de los modelos psicológicos existentes, así como sus bases neurofisiológicas.

MODELOS PSICOLÓGICOS Y BASES NEUROFISIOLÓGICAS DE LA ATENCIÓN:

Leibnitz fue quien primero dio una definición de atención. La definió como un proceso en el que el individuo podía dirigir su mente a un estímulo interno o externo voluntariamente. Más tarde, William James, en 1890 (cit. En Baddeley, 1998), escribió: "Todos sabemos lo que es la atención. Es que la mente tome posesión de una manera clara y vívida de uno entre varios objetos... o de trenes del pensamiento". Es sorprendente esta definición para esa época; sin embargo, actualmente se considera que la atención comprende a varios subprocesos y que uno puede "atender" a un estímulo de muchas maneras diferentes. Entendiendo que un estímulo puede ser un objeto, una localización o incluso un momento en el tiempo, Coull (1998) divide la atención en los 4 subprocesos siguientes:

- 1) Orientación de la atención: simplemente dirigir la atención a un estímulo particular.

- 2) Atención selectiva (o enfocada): priorizar la atención a un estímulo en lugar de a otros.
- 3) Atención dividida: dividir la atención entre dos o más estímulos diferentes.
- 4) Atención sostenida: atender a un estímulo por un período de tiempo suficientemente grande.

Aunque el autor comenta que muchos otros investigadores citarían también a la atención espacial como uno de los subprocesos principales, él la considera como una subcategoría de cada uno de los subprocesos mencionados.

Es fácil enfocar la atención sobre estímulos prioritarios del medio ambiente y analizar sus propiedades con gran detalle, frecuentemente a expensas de menos entradas relevantes. Esta selección de un subconjunto particular de los estímulos disponibles para procesarlos diferencialmente, es una función esencial de la atención selectiva (Kinchla, 1992). Hillyard (1995), a partir de experimentos de atención visual y auditiva, concluyó que el estímulo atendido produce respuestas cerebrales mucho mayores en la corteza específica de la modalidad del estímulo que el estímulo no atendido.

Se postula la existencia de una etapa preatentiva, la cual, a diferencia de la atención, no tiene capacidad limitada. La mayoría de los autores coinciden en que en esta etapa preatentiva el análisis del estímulo se realiza en paralelo; sin embargo no ocurre lo mismo en la atención: hay autores que consideran que el análisis se realiza en serie, como Broadbent, y otros que proponen que se realiza en paralelo.

La capacidad limitada del sistema de atención a nivel central, fue lo que hizo a Broadbent (cit. en De Vega, 1990) hipotetizar sobre la existencia de un filtro encargado de seleccionar una parte del flujo sensorial (información relevante), de modo que sólo esta parte tuviera acceso al canal central, con la subsecuente pérdida de la información irrelevante. El carácter rígido del filtro de Broadbent no permitía explicar situaciones cotidianas, como por ejemplo el "efecto de cóctel"; éste consiste en que aunque uno esté atento a una conversación, hay una respuesta de alertamiento si escuchamos que se menciona nuestro nombre en otra conversación. Treisman (cit. en De Vega, 1990) propuso entonces un modelo alternativo de filtro atenuado que difería del modelo de filtro rígido de Broadbent en que en lugar de no dejar pasar la información irrelevante al canal central, la atenuaba y luego permitía el paso de la información irrelevante atenuada. Por el hecho de estar atenuada, esta información se analizaba bastante ineficazmente en el canal central, sin embargo, podía volver a entrar al mecanismo de atención para un procesamiento posterior. Tanto el modelo de filtro rígido como el de filtro atenuado corresponden a una misma Teoría de Selección Temprana de la información. Posteriormente, Deutch y Deutch (cit. en De Vega, 1990), y más tarde Norman (cit. En De Vega, 1990), defendieron la Teoría de Selección Tardía de la información, debido a que se acumuló evidencia experimental que sugería la existencia de un análisis semántico previo a la selección; más aún, ellos postularon que todos los estímulos se procesaban involuntariamente y sin ninguna selectividad en un estado de

análisis semántico o de identificación del objeto, previo al filtro. Estos filtros poscategoriales también fueron criticados, ya que no tomaban en cuenta las limitaciones en la capacidad del sistema de atención. Hillyard (1995), basándose en experimentos de atención selectiva en los que medía los Potenciales Relacionados a Eventos, concluye que la corta latencia de esas respuestas evocadas, así como sus características anatómicas y fisiológicas son una fuerte evidencia que confirma las Teorías de Selección Temprana.

Los tres modelos descritos tienen en común el hecho de que proponen la existencia de un filtro, pero difieren entre sí por el modo en que opera el filtro (rígido vs. atenuado) o por la colocación del filtro dentro de un esquema lineal de procesamiento (precategorial vs. poscategorial). Sin embargo, en ninguno de estos modelos se cuestiona la existencia del filtro en sí misma; quizás esto se deba al carácter organicista que los subyace. De Vega (1990) considera que los procesos de selección de información no requieren de ningún dispositivo o estructura específico, pues no son exclusivamente modelos de abajo-a-arriba. En la selección de información también ejercen control los esquemas anticipatorios del sujeto, los cuales constituyen un procesamiento de arriba-a-abajo.

En las últimas décadas han surgido otros modelos de atención que De Vega (1990) denomina "modelos de recursos limitados". Estos modelos estudian fenómenos experimentales distintos, muchos utilizan paradigmas de atención dividida, en los cuales el grado de deterioro de una de las tareas se

considera como un indicio de la demanda de la otra tarea (interferencia), indicando además que ambas tareas utilizan los mismos recursos. Desde el momento en que el sujeto puede hacer simultáneamente dos tareas, se presupone que no hay selección de la información (Op. cit.).

Las nuevas teorías consideran que la atención es un sistema de recursos limitados. La administración de los recursos disponibles entre las distintas estructuras de procesamiento depende de varios factores: la existencia de una respuesta de orientación, la intención momentánea de responder a un "blanco", el nivel de alertamiento o estrés del individuo y la evaluación de las demandas. Basándose en este criterio de uso de recursos en el proceso de atención, las tareas se han clasificado en dos tipos: automáticas (aquellas que prácticamente no demandan recursos de atención) y controladas (las que exigen gran parte o todos los recursos disponibles).

A continuación se analizará el sustrato neural que subyace al proceso de atención. Para ello, se explicarán algunos de los modelos recientes de atención con mayor impacto. En 1990, Posner y Petersen propusieron la existencia de tres subsistemas que conformaban la red neural de la atención (ver figura 1):

- 1) El sistema de atención posterior, involucrado en la orientación a la localización visual del estímulo. En éste participan el Lóbulo Parietal Posterior, los Colículos Superiores y el Núcleo Pulvinar del Tálamo. La Corteza Parietal está implicada especialmente en la

capacidad de "desenganchar" la atención en un arreglo espacial distribuido.

2) El sistema de atención anterior, involucrado en la detección de "blancos", en el cual participa la Corteza Cingulada Anterior. En estudios de PET se ha demostrado que en la atención a cualquier tarea existe un incremento del flujo cerebral en la región prefrontal, en particular en las circunvoluciones media e inferior (Rezai, 1993; Roland, 1993).

2) El sistema de alertamiento, localizado en el Sistema Reticular, participa en la modulación del funcionamiento de los dos sistemas antes descritos.



Figura 1: Modelo de atención de Posner (1990).

Corbetta y cols. (1993) señalaron que el área parietal derecha se activa para los estímulos espaciales tanto del hemisferio visual derecho como del izquierdo, mientras que esto no sucede para la corteza parietal izquierda; esto podría explicar por qué la lesión parietal derecha se asocia a deficiencias mucho más pronunciadas en el síndrome de hemi-inatención que las lesiones de la corteza parietal izquierda. Por otro lado, también en estudios de PET, Nobre y cols. (1997) encontraron evidencias de que la región parietal involucrada en la atención es específicamente el surco intraparietal derecho.

Mesulam en 1981 ya había propuesto un modelo de orientación de la atención en el cual definió varios subprocesos (ver figura 2):

- 1) Sistema de representación sensorial multimodal del espacio extrapersonal, en el cual están implicadas las regiones parietales.
- 2) Sistema de respuestas motoras al estímulo espacial, relacionadas con las regiones frontales laterales (alrededor del campo frontal de los ojos).
- 3) Sistema motivacional, en donde se determina lo sobresaliente del estímulo, relacionado con la corteza cingulada anterior.
- 4) El sistema de alertamiento, localizado en el Sistema Reticular, subyace a la gran red neural de la atención.

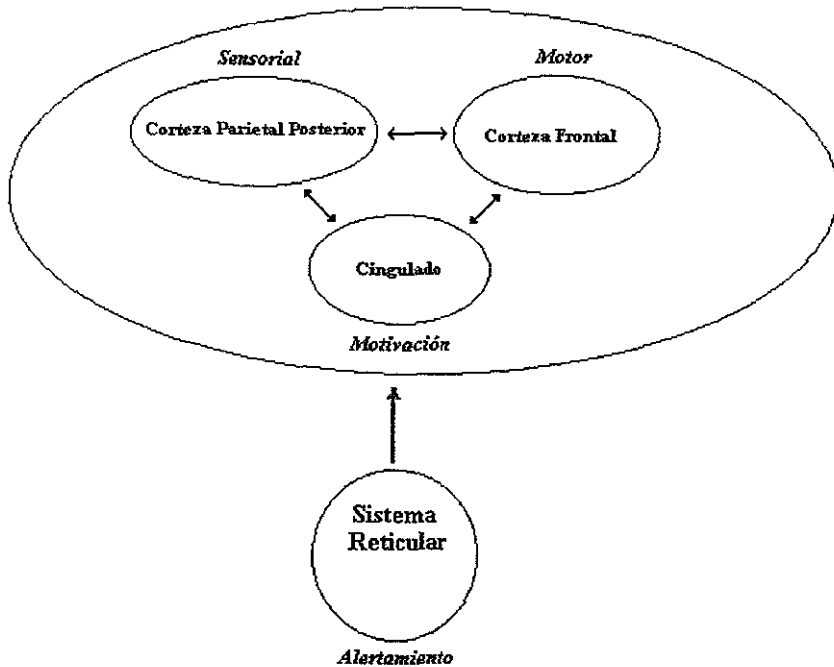


Figura 2: Modelo de atención de Mesulam (1981).

Coull (1998) comenta que la diferencia esencial entre la teoría de Posner y la de Mesulam es que Posner propone la existencia de un proceso de detección del "blanco" mientras que Mesulam propone un sistema motivacional y un sistema para dar una respuesta motora dirigida al estímulo espacial. Sin embargo, considera que ambos modelos tienen muchos puntos en común, por un lado, ambos dan gran importancia a la influencia que tienen los mecanismos de alertamiento reticulares sobre el proceso de atención, por otro lado, considera que la idea de Posner acerca de que la corteza parietal está implicada en el campo de atención puede ser reconciliada con la proposición de

Mesulam de que esta estructura juega un papel relevante en la representación sensorial multimodal del espacio extrapersonal; y que la participación del giro cingulado en la detección del "blanco", como sugiere Posner, es similar a la idea de que el giro cingulado participa en la relevancia motivacional, ya que por definición los "blancos" tienen relevancia emocional para el sujeto.

MODELOS Y BASES NEUROFISIOLOGICAS DE LA MEMORIA

La memoria no es un sistema unitario, sino que está compuesta por muchos sistemas. Estos sistemas tienen un rango de duración de almacenamiento que va desde una fracción de segundo a toda la vida, y una capacidad de almacenamiento que oscila desde un "buffer" de poca capacidad, hasta sistemas de memoria a largo plazo que exceden en capacidad y flexibilidad a la computadora de mayor potencia existente.

Se consideran manifestaciones de la memoria, no sólo el recuerdo, sino también los procesos perceptuales, la comprensión y la expresión verbal, las habilidades motrices y hasta los procesos atencionales y la resolución de problemas.

La memoria del hombre, debe ser comprendida como un proceso activo, dice Luria que "esto se manifiesta en el hecho de que el hombre no registra simplemente las huellas de las estimulaciones que le están dirigidas, sino que codifica esta información, selecciona sus rasgos esenciales y la introduce

en un determinado sistema, en una cierta organización subjetiva" (Luria 1980, pp. 21). Este planteamiento es compartido por Pribram (1969) y otros autores, quienes coinciden en declarar que este carácter activo se manifiesta precisamente en que el hombre se propone la tarea especial de recordar o evocar un determinado material y que justamente esto convierte al proceso de pasivo registro inintencionado en una forma especial de actividad mnésica, dando a la memoria un carácter selectivo específicamente humano.

En las últimas décadas se ha concluido que si bien el proceso de impresión y retención de información es una función general de las células corticales, esto no significa que la actividad mnésica, complejamente estructurada, involucre todas las partes del cerebro por igual ni que sea una función de toda la corteza cerebral considerada como un todo indivisible. Los datos con los que cuenta la Fisiología contemporánea y la Neuropsicología muestran que la actividad mnésica está respaldada por un complejo sistema de áreas corticales que funcionan de una manera interrelacionada, de modo que cada una de las cuales hace su aporte específico a esta compleja actividad.

El desarrollo de los conocimientos sobre las estructuras cerebrales que toman parte en la memoria está ligado a los trabajos de Scoville y Milner (cit. En Luria, 1980), quienes publicaron las primeras observaciones que mostraban que el seccionamiento bilateral del hipocampo provoca graves

alteraciones en la impresión inmediata y la reproducción de la información. Los enfermos descritos por los autores, podían retener por un período de tiempo (segundos e incluso minutos) las huellas de la estimulación siempre y cuando durante este período de tiempo no fueran afectados por información accesoria. Los enfermos podían elaborar hábitos motores y conservarlos por un cierto tiempo; sin embargo, todas las impresiones que llegaban hasta el enfermo, rápidamente desaparecían de su memoria y luego de algunos minutos o de una pequeña distracción no recordaba siquiera el hecho de haber sido estimulado con cierto material, haber tenido una conversación sobre el tema, haber recibido instrucciones e incluso no reconocía al médico con el que había trabajado minutos antes. Es importante señalar que estos datos sólo se consiguieron en pacientes con afectación bilateral del hipocampo.

Desde el punto de vista estructural se postulan tres componentes básicos de la memoria, relativamente estáticos: memoria sensorial, memoria a corto plazo y memoria a largo plazo (De Vega, 1984).

El nombre de memoria sensorial fue dado por Neisser en 1967; ésta consiste en un registro mnémico precategórico de capacidad ilimitada y de escasa duración. La memoria a corto plazo (MCP) y la memoria a largo plazo (MLP) son ambas poscategóricas y están estrechamente relacionadas a pesar de sus diferencias funcionales. Por un lado, la información retenida en la MCP, procedente de la entrada sensorial, ocasionalmente

se trasvasa a la MLP y por otro lado, para recuperar alguna información de la MLP esta información se activa en la MCP. La MCP es, por lo tanto, un dispositivo que opera a partir de entradas procedentes tanto del exterior como del propio sistema cognoscitivo. Esta confluencia de flujos de información sugiere que la MCP pudiera ser el sistema de control. A la MCP también se le ha llamado "memoria activa" o "memoria operativa". Dos propiedades básicas de la MCP son su capacidad limitada y la permanencia limitada de la información (entre 15 y 30 seg.). Por el contrario, la MLP es un almacén de capacidad ilimitada y persistencia ilimitada, en el que la información habitualmente permanece en un estado inactivo.

La memoria puede verse como una sucesión de operaciones bien definidas, al menos conceptualmente, conocidas como procesos. Estos son: codificación, almacenamiento, retención y recuperación de la información. Buckner y Tulving (1995) argumentan que existe un Sistema de Procesamiento General de Abstracción (GAPS), de acuerdo con este planteamiento "un evento de memoria inicia con un proceso de codificación y termina con el uso o recuperación de la información codificada".

La codificación se refiere al proceso para percibir y organizar tanto la información que proviene del medio circundante como la información generada por otros sistemas cognoscitivos internos. El proceso de codificación crea representaciones o engramas de información en la memoria. La codificación es la transformación de la señal sensorial del

estímulo en pautas de información significativas para los sistemas de memoria. Mediante este proceso, el flujo del estímulo que llega a los receptores se analiza, organiza y transforma en una réplica cognoscitiva de la entrada. Por ejemplo, al escuchar o leer una palabra es razonable suponer que en la memoria se ha registrado un "trazo" que representa a dicho ítem: si la palabra ya era familiar y por tanto ya estaba representada en la memoria, la repetición fortalece el "trazo". La fuerza del trazo en la memoria es el sustrato de la mayoría de las teorías tradicionales y éste se ve sustentado por estudios en animales que dan evidencias de cambios estructurales en las neuronas que participan en un circuito que se activa innumerables veces por la repetición de una conducta. En la codificación existen varios tipos de "niveles" bajo control del sujeto; estos niveles generan "trazos" cualitativamente distintos; sin embargo, no operan secuencialmente ni se organizan jerárquicamente. Los niveles determinan diferentes probabilidades de recuerdo.

Hay otros parámetros del material a recordar y del sujeto que inciden en el recuerdo. En la recuperación hay un componente activo de resolución de problemas y la eficacia en los índices de recuperación está en función del grado de sobreposición de los trazos codificados. Los trazos tienen 2 componentes: una representación de carácter semántico y un "marcador de lista" que integra todos los parámetros contextuales.

El almacenamiento se refiere a mantener las representaciones en el tiempo; el proceso de recuperación es una clave dentro de la interacción con la información almacenada para producir una expresión cognitiva o conductual de la información. Dentro de un sistema dado de memoria, la codificación, el almacenamiento y la recuperación se relacionan de una manera jerárquica. "La recuperación depende del almacenamiento, y el almacenamiento depende de la codificación, aunque la codificación no necesariamente conduce a un almacenamiento a largo plazo y el almacenamiento por sí mismo no garantiza la recuperación." (Buckner y Tulving, 1995, pág.6)

Buckner y Tulving han hecho aportaciones muy importantes al estudio de la memoria. En particular, el principio de especificidad de la codificación y la dualidad de sistemas en memoria. Él propone la existencia de una "memoria episódica" (que se caracteriza por su carácter autobiográfico, con organización espaciotemporal, que retiene eventos e información aprendida en la que se da fácilmente interferencia y olvido) y una "memoria semántica" (cuya referencia es cognoscitiva, su organización es conceptual, retiene conocimiento y recupera información no necesariamente aprendida y es de escasa interferencia). Hay autores que consideran que a pesar de su valor práctico, no hay dos sistemas funcionales diferenciados, sino que existe una absoluta continuidad entre ambas (Naus y Halasz, 1979).

El almacenamiento depende de las operaciones de codificación controladas por el sujeto (elección de un determinado nivel de procesamiento, grado de elaboración, etc.); es por ello un proceso activo. Recientemente varios autores han llamado la atención sobre la insuficiencia de un análisis mecanicista y pasivo de la recuperación y han enfatizado su carácter consciente y activo. Las investigaciones de Baddeley (1982) aportan nuevas luces sobre los procesos de recuperación al mostrar, por un lado, el componente consciente y de resolución de problemas implícito en el reconocimiento y el recuerdo y, por otro lado, un componente pasivo de memoria perceptiva inconsciente que sólo se manifiesta eventualmente en el recuerdo.

La memoria a corto plazo no es un simple mecanismo pasivo de recepción de información en donde ésta se acumula en pequeñas cantidades durante unos segundos antes de perderse por completo o trasvasarse a otro almacén. En realidad, la MCP es un mecanismo de almacenamiento, pero también un sistema de control activo que coordina y organiza flujos de información generados por los estímulos y por el propio sistema cognoscitivo. Esta función ejecutiva es responsable de la adquisición de nueva información y de la utilización de información vieja en distintas situaciones. Al carácter activo de la MCP es a lo que se le conoce como memoria de trabajo (MT) o memoria operativa de la MCP, la cual se manifiesta cuando es necesario ejercer operaciones de control (de Vega, 1990).

La memoria de trabajo (MT) tiene un papel relevante en la cognición (ver figura 3). El almacén de corto plazo actúa como una "memoria de trabajo", un sistema para mantener temporalmente y manipular la información como parte de un amplio rango de tareas cognitivas tales como el aprendizaje, el razonamiento y la comprensión.

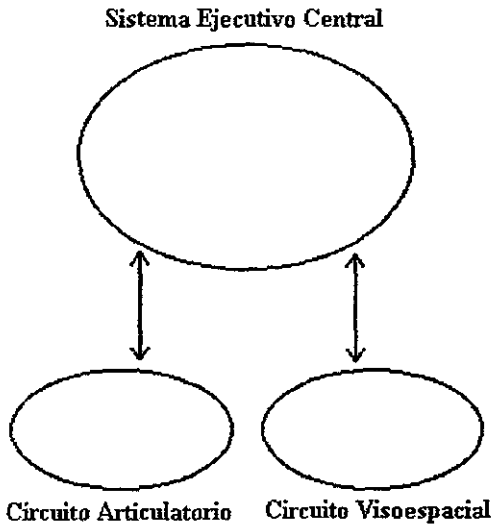


Figura 3: Modelo de Memoria de Trabajo de Baddeley (1998).

Baddeley (1998) propone un modelo de MT en el cual un Sistema de atención controlador supervisa y coordina un número de sistemas esclavos subordinados (figura 3). Al controlador de atención le llamó "Sistema Ejecutivo Central" y consideró como sistemas esclavos a un "Círculo Articulatorio" (o fonológico) el

cual se asumió como responsable de la información basada en el habla, y a un "Circuito Visoespacial" que debía ser el responsable de manipular imágenes visuales.

La tarea de memoria utilizada en esta tesis es una modificación del paradigma de Sternberg, el cuál se ha clasificado como un paradigma de Memoria de Trabajo con una gran participación del circuito articulatorio, es decir, Memoria de Trabajo Verbal. Por esta razón se dará particular importancia al modelo de Memoria de Trabajo de Baddeley (op.cit.).

Petrides y cols. (1993) refieren que en tareas de este tipo se activan las áreas 46 y 9 que corresponden a la circunvolución frontal media dorso lateral. Otros autores encuentran que hay cierta lateralización, pues afirman que se activa la corteza prefrontal, predominantemente en la región izquierda (Buckner y Tulving, 1995). En muchos estudios del trabajo de investigación en memoria se ha reportado la activación de la corteza prefrontal del hemisferio izquierdo en las áreas 44, 45 o 46, durante la realización de tareas de memoria de trabajo verbal, ejemplo de estos hallazgos son los trabajos reportados por Frith y cols. (1991) y Goldman-Rakic (1994a, 1994b) (cit. en Buckner y Tulving, 1995).

Las regiones prefrontales del hemisferio izquierdo juegan un papel relevante en la memoria de trabajo verbal, sin embargo, los lóbulos frontales participan conjuntamente con otras estructuras en la memoria de trabajo verbal. Existen evidencias clínicas de enfermos con daño cerebral frontal que

sugieren que existe un aporte de información dado por redes neuronales de otras áreas cerebrales (Luria y Tsvetkova, 1964; Milner, 1982; Fuster, 1989; Shallice y Burgess, 1991; Stuss y Benson, 1986; Graftman y cols, 1993) (cit. en Buckner y Tulving, op.cit.).

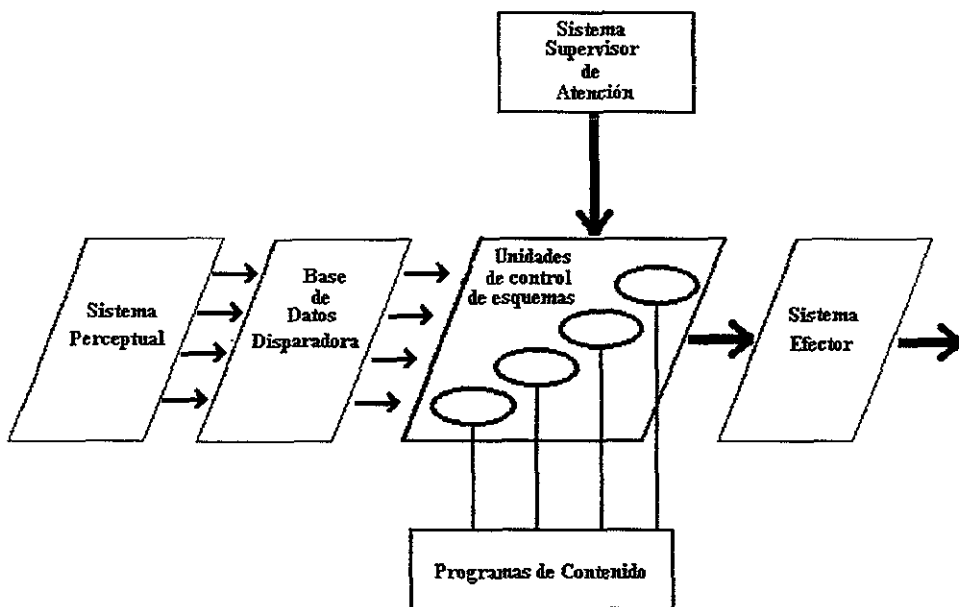


Figura 4:
Modelo de flujo de control de la información de Norman y Shallice (1986).

Baddeley (1998) comenta que el "Sistema Supervisor de la Atención" del modelo de Norman y Shallice (1986, citado por Baddeley, 1998) da buena cuenta del funcionamiento del "Sistema Ejecutivo Central" de la Memoria de Trabajo. Norman y Shallice (figura 4), a diferencia de la mayoría de los

investigadores en el área, propusieron un modelo de atención a partir de la observación de conductas cotidianas, como los "lapsos mentales", y de la pérdida del control de la conducta que muestran algunos pacientes neuropsicológicos. En la figura 4 se representa su modelo de flujo de control de la información.

Las unidades de control de esquemas van a dar lugar a las acciones, las cuales se manifiestan a través del Sistema Efector. Estas acciones pueden ser controladas de dos formas: mediante procesos automáticos y mediante procesos controlados. Los procesos que están implicados en tomas de decisión en el ámbito automático, se llaman Programas de Contenido. El Sistema Supervisor de la Atención refleja la volición del sujeto; Norman y Shallice plantean que este sistema puede modificar o interrumpir la acción en marcha; inversamente, si este sistema supervisor está ocupado en otras actividades, hay estímulos que pueden echar a correr un programa preestablecido con la consecuencia de iniciar una conducta en forma automática; por ejemplo: que un individuo se levante el domingo apurado a preparar el desayuno porque tiene que llegar a su trabajo.

Tomando en consideración la importancia e influencia de los lóbulos frontales y su riqueza de conexiones con otras partes del cerebro, se tendrá que analizar con más detalle y quizá plantear subprocesos y nuevas categorías teóricas que deberán ser exploradas experimentalmente; quizá algunos adelantos en este sentido sean los aportados por Duncan (1992) y Shallice (1992) (cit. en Baddeley, 1992). Estos autores plantean que el control ejecutivo central quizá debiera ser subdividido en

subprocesos ejecutivos. Haciendo notar que un aspecto relevante de la memoria de trabajo establece que una función importante del control ejecutivo se relaciona con la habilidad de integrar información de subsistemas.

La memoria en la actualidad es comprendida como sistemas múltiples que difieren con respecto a sus demandas conductuales y cognitivas, así como a sus reglas de operación, implícito está el hecho de que el cerebro tiene múltiples sistemas que permiten la integración y procesamiento de la información (Buckner y Tulving, 1995).

Analizando que ocurriría en ausencia del Sistema Supervisor, puede concluirse que si la acción en marcha no está bien establecida, el sistema permanecerá inerte o será capturado por un estímulo cualquiera del medio ambiente. Un daño en el Sistema Supervisor trae como consecuencia que una vez que se adoptó una estrategia, ésta sigue corriendo pues se pierde la capacidad de detener la marcha. Ambas conductas son características de pacientes con lesiones en los lóbulos frontales. Entre los signos que presenta un paciente con daño de lóbulos frontales, se observa gran dificultad en iniciar cualquier acción, ya sea cognitiva o motora; sin embargo, una vez iniciada la acción, el paciente no puede dejar de hacerla una y otra vez (perseverancia). También se presentan disturbios en la atención, aumento de la distracción y dificultad de concentrarse en un aspecto durante algún tiempo; los pacientes con daño de lóbulos frontales no pueden aprender a manejar nuevas tareas en situaciones novedosas. No hay que olvidar el papel relevante de la emoción y la motivación en la memoria,

actividades que involucran a la corteza cingulada en los lóbulos frontales.

ESTUDIOS ELECTROENCEFALOGRÁFICOS EN TAREAS DE ATENCIÓN Y MEMORIA.

Durante mucho tiempo se han relacionado los cambios de la actividad eléctrica cerebral con tareas mentales; en un inicio buscando cambios cualitativos en el electroencefalograma (EEG) y posteriormente buscando cambios cuantitativos en medidas derivadas del análisis de frecuencias del EEG como la "potencia absoluta" (PA), la "potencia relativa" (PR) y la coherencia electroencefalográfica.

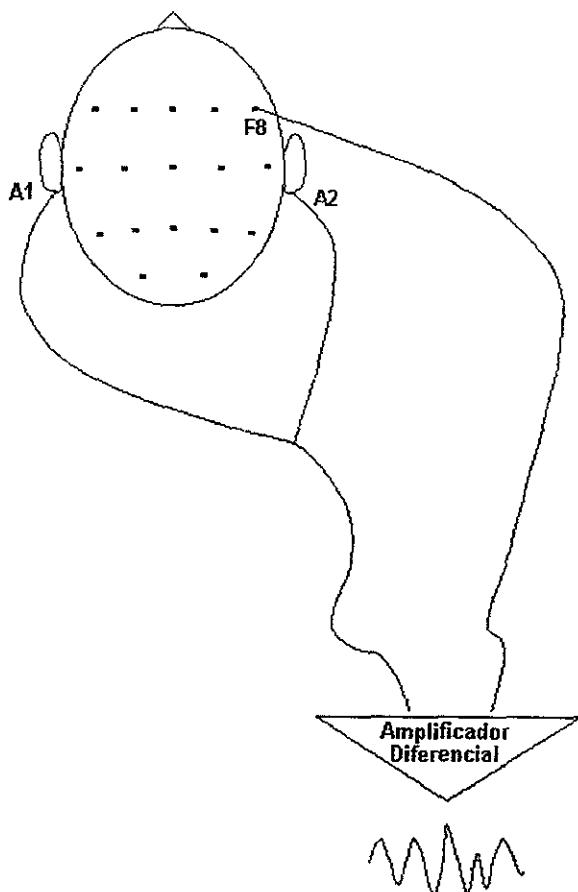


Figura 5:
Obtención del EEG de una derivación (F8) con referencia A1-A2

El EEG es el registro de la actividad eléctrica cerebral que ocurre en forma espontánea; éste puede verse como un conjunto de gráficas del voltaje en función del tiempo, una gráfica para cada sitio del cuero cabelludo (derivación) en el que se haya medido la diferencia de potencial respecto a una señal de

referencia (la actividad eléctrica de los lóbulos auriculares o los mastoides cortocircuitados, de nasion, etc.)(ver figura 5).

Del EEG se seleccionan varios segmentos con determinadas características que garantizan que el EEG sea un proceso aleatorio estacionario en el sentido amplio (Harmony, 1984). Esto es necesario para poder hacer un análisis en el dominio de las frecuencias. Mediante un algoritmo de cómputo conocido como Transformada Rápida de Fourier (McGillem y Auñón, 1981) es posible obtener el espectro de frecuencias promedio de estos segmentos del EEG (figura 6), de manera que se tiene un espectro para cada derivación. En el espectro de frecuencias se definen 4 bandas: delta [1.5 Hz, 3.5 Hz]; theta [3.5 Hz, 7.5 Hz]; alfa [7.5 Hz, 12.5 Hz] y beta [12.5 Hz, 19.0 Hz].

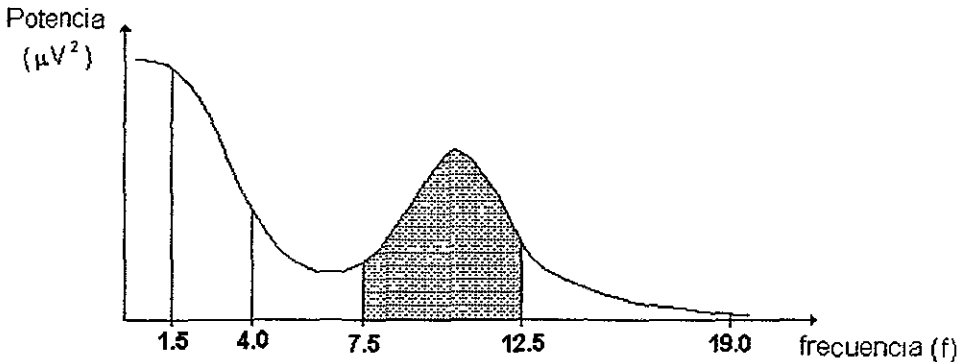


Figura 6: Esquema de un espectro de frecuencias del EEG de un sujeto en reposo con ojos cerrados en una derivación occipital.

La PA del EEG, en determinada banda de frecuencias, es el área bajo la curva del espectro de frecuencias en esa banda. Esta medida da información sobre la cantidad de actividad en un rango de frecuencias. Por ejemplo, la PA alfa en determinada derivación es el área comprendida entre el espectro, el eje de las abscisas y las líneas verticales que pasan por 7.5 y 12.5 Hz; en la figura 6 aparece representada por el área sombreada.

La PR, como lo indica su nombre, da información sobre la cantidad de actividad en un rango de frecuencias, relativa al rango total de frecuencias. En otras palabras, la PR de una señal en una banda de frecuencias es el porcentaje de la PA en esa banda respecto a la PA total (Basar, 1980). Por ejemplo, la PR alfa (α) en una derivación específica se calcula, en base a las PAs en esa derivación, como:

$$PR \alpha = \frac{PA \alpha}{PA \delta + PA \theta + PA \alpha + PA \beta}$$

La "coherencia" es una función en el dominio de las frecuencias que nos da información sobre las relaciones que existen entre dos procesos en términos de la potencia para una frecuencia dada. La coherencia del EEG mide la covariación estandarizada entre dos registros como función de la frecuencia (Fein, 1988). En términos matemáticos, la función coherencia (coh^2) en una frecuencia f se define como:

$$\text{coh}^2_{XZ}(f) = \frac{|S_{XZ}(f)|^2}{S_{XX}(f) S_{ZZ}(f)}$$

donde $S_{XX}(f)$ y $S_{ZZ}(f)$ son los espectros de potencia de los procesos aleatorios X y Z respectivamente, y $S_{XZ}(f)$ es el espectro cruzado entre los dos procesos en la frecuencia f (Basar, 1980). Esta definición puede generalizarse a una banda de frecuencias.

La coherencia electroencefalográfica permite explorar las relaciones entre la actividad eléctrica cerebral de dos áreas corticales diferentes. Para entender el significado de la medida coherencia considérense dos casos extremos:

- 1) Si X y Z son procesos idénticos, entonces la coherencia entre X y Z es igual a 1 para todas las frecuencias.
- 2) Si X y Z son procesos independientes, entonces la coherencia entre ellos es igual a cero para todas las frecuencias f .

Sin embargo, si X y Z son procesos estrechamente relacionados sólo en un rango de frecuencias, en ese rango la coherencia será cercana a 1 y será cero para todas las frecuencias fuera de ese rango.

Es un hecho conocido que a medida que aumenta la edad en los niños normales, su EEG en estado de reposo disminuye de voltaje y se hace más rápido (Cobb, 1976). Esto se corresponde con los hallazgos neurométricos en la infancia: normalmente, a medida que aumenta la edad, disminuye la PA

en todas las bandas de frecuencia y la PR disminuye en las bandas delta y theta, pero aumenta en alfa y beta (Matousek y Petersén, 1973; John y cols. , 1983 ; Harmony y cols., 1990-a). Estos cambios que le ocurren al EEG con la edad han demostrado incluso ser transculturales, pues en individuos de 5 a 17 años de Cuba, Estados Unidos, México, Suecia y Venezuela se han obtenido rectas de regresión de la potencia en función de la edad para las distintas bandas de frecuencia. La pendiente de dichas rectas, que representa la magnitud del cambio a través de las edades, ha sido muy similar en todas las poblaciones (John y cols., 1980).

En el estudio del EEG, la aplicación de la medida de coherencia es más reciente que el uso de la PA y la PR, sin embargo ya lleva muchos años en estudio y aún existe mucha controversia en su interpretación, ya que los resultados que obtienen diferentes autores son contradictorios y son interpretados en forma diferente por unos y otros. Unos asocian menores valores de coherencia a la realización de una tarea mental; tal es el caso de Gasser y cols. (1987) en una tarea visual aplicada a niños normales. Este resultado es apoyado por otros hallazgos, como el de Thatcher y cols. (1986) que encontraron menores coherencias intrahemisféricas en el hemisferio izquierdo que en el derecho, lo cual interpretaron como consecuencia de menor cantidad de sustancia blanca en el hemisferio izquierdo y lo asociaron a una mayor diferenciación celular; y como el de Merrin y cols. (1988) que encontraron que un grupo de pacientes esquizofrénicos y otro de pacientes con desórdenes afectivos presentaban mayores

valores de coherencia que un grupo de sujetos control, esto fue discutido por ellos sobre la base de que un incremento en la coherencia reflejaba la presencia de anomalías en la organización cortical de los esquizofrénicos. Gasser y cols. (1983) compararon a un grupo de niños normales con otro grupo de niños con retraso mental moderado y encontraron que los niños con retraso mental tenían mayores valores de coherencia durante el reposo que los niños del grupo control, siendo más pronunciadas las diferencias en las bandas theta, alfa 1 y beta 2. Otros autores, por el contrario, asocian altos valores de coherencia a mayor actividad mental (Bohdanecky y cols., 1984) y lo relacionan con un mayor nivel de comunicación neuronal. Busk y Galbraith (1975) también habían asociado mayores valores de coherencia a una mayor cantidad de conexiones entre las fibras involucradas en la ejecución de una tarea; en su trabajo ellos también relacionaron una mayor dificultad en la tarea con valores de coherencia más altos. Pockberger y cols. (1989), registrando en reposo con ojos cerrados, encontraron que los pacientes esquizofrénicos tenían menor coherencia entre electrodos cercanos que los sujetos normales. En resumen, los hallazgos de menores valores de coherencia asociados a población normal y a actividad cognoscitiva se interpretan como consecuencia de una mayor diferenciación celular, pero los hallazgos de mayores valores de coherencia asociados a los mismos parámetros son interpretados como una mayor conectividad cortical.

Todos estos autores consideran que la diferenciación celular y la comunicación neuronal no son las únicas variables que afectan el comportamiento de la coherencia, pues dos

regiones en la corteza pueden tener una actividad similar no sólo porque existan interacciones entre ellas, sino porque ambas están influenciadas por una tercera; por ejemplo, por el tálamo o por la Formación Reticular (Busk y Galbraith, 1975; Marosi y cols., 1995). Otra variable que tiene un gran efecto en la coherencia es la distancia entre electrodos pues se ha reportado que al aumentar la distancia entre los electrodos, la magnitud de la coherencia disminuye (Thatcher y cols., 1986; Gasser y cols., 1987). Thatcher y cols. interpretaron esto como debido a una mayor complejidad y competencia de interacciones en el sistema de células de axones largos. Este hecho, unido a que valores bajos de coherencia están relacionados a una mayor diferenciación celular, podría llevarnos a pensar en que a medida que la edad aumenta (aumenta la diferenciación celular y aumenta la distancia entre electrodos) la coherencia debía disminuir. Sin embargo Gasser y cols. (1987) y Marosi y cols. (1992) encontraron que la coherencia se incrementaba con la edad. En el estudio de Marosi y cols. esto ocurría tanto en el grupo de niños normales como en el grupo de niños con trastornos de aprendizaje excepto en regiones frontales, en las cuales la coherencia disminuía con la edad en el grupo control; esta diferencia en el patrón topográfico de las coherencias pudiera ser consecuencia de las diferencias en la maduración de las distintas regiones. Llama la atención que en regiones frontales, que son las últimas en madurar, sea precisamente donde no se observa aumento de la coherencia con la edad.

Parece ser también que la coherencia no se comporta del mismo modo para todas las frecuencias. Marosi y cols. (1995) encontraron que los niños que tenían mayores problemas de lecto-escritura presentaban menores valores de coherencia en la banda alfa y mayores valores de coherencia en la banda delta que los niños control.

Todos estos resultados sobre la coherencia hacen muy difícil plantear una hipótesis sobre el comportamiento de esta medida; quizás lo importante no sea si la coherencia aumenta o disminuye durante un proceso cognoscitivo, sino las características de la distribución del patrón de coherencias en toda la corteza cerebral. Esto es lo que piensan algunos autores como Tucker y cols. (1985), quienes encontraron en una tarea de fluidez verbal aplicada a dos sujetos que éstos mostraban patrones inversos de coherencia en la banda theta y este hecho permanecía consistente en las múltiples sesiones en las que se repitió el experimento. En un estudio de Harmony y cols. (1993), en donde el experimento se repitió para probar la consistencia de la medida "coherencia", se encontró que los coeficientes de correlación entre los patrones de coherencia de los distintos sujetos fueron significativamente mayores en la segunda sesión; esto sugiere que las estrategias intersujeto eran más parecidas en la segunda sesión. Creemos que esto pudo haber sido un efecto de la práctica o un efecto de disminución del estrés, pues los sujetos ya sabían en qué consistía el experimento. Otro estudio que apoya el análisis de patrones de coherencia es el de John y cols. (1989); ellos encontraron que cada sujeto tenía patrones consistentes de

organización de interrelaciones cerebrales dentro de cada una de dos clases de tareas que aplicaron y que los patrones de organización cerebral eran distintos para tareas de distinta clase, aún en el mismo sujeto. Ellos consideran que en la realización de una misma tarea, los distintos sujetos parecen utilizar estilos cognoscitivos diferentes; o en otras palabras, que cada sujeto tiene su propia estrategia cognoscitiva.

ANTECEDENTES EXPERIMENTALES DE LA PRESENTE INVESTIGACIÓN:

Harmony y cols. (1990-a) describieron una relación entre los parámetros espectrales del EEG y el nivel de lectoescritura de niños escolares de primaria. En ese trabajo, los niños fueron clasificados en tres categorías: "lectoescritura deficiente", "ligeras deficiencias en la lectoescritura" y "sin problemas de lectoescritura". Se encontró que los niños del grupo deficiente tenían más actividad delta que todos los otros y que los niños con ligeras deficiencias tenían más actividad theta que los niños sin problemas, mientras que los niños sin problemas de lectoescritura tenían mayor cantidad de actividad alfa que los demás niños. En ese trabajo se sugirió que probablemente las capacidades cognoscitivas de los niños estuvieran relacionadas con las características de su EEG registrado en reposo con los ojos cerrados.

Es por esta razón que, en 1992, Harmony y cols. se plantearon como objetivo analizar la relación entre el

desempeño de un grupo de niños en dos tareas (atención visual sostenida y memoria de trabajo verbal) y algunos parámetros derivados del análisis de frecuencias de su EEG en condición de reposo con ojos cerrados (PA y PR). Reportaron que el número de respuestas correctas en la tarea de atención visual estuvo correlacionado negativamente con la actividad delta y theta, y positivamente con la actividad alfa y beta; mientras que en la tarea de memoria, el tiempo de reacción promedio estuvo correlacionado positivamente con la actividad delta y theta y negativamente con la PR alfa en regiones anteriores. En otras palabras, la actividad electroencefalográfica de base de los niños que tenían peor ejecución en las tareas se caracterizaba por ser más lenta.

Sin embargo, en ese último trabajo, la muestra experimental fue muy amplia, pues se incluyeron niños con desventajas socioculturales y con antecedentes de riesgo biológico. Se había reportado previamente por Harmony y cols. (1990-b) que los niños con desventajas socioeconómicas se caracterizan por tener una mayor PA y PR delta y theta, y menor PR alfa que los niños sin desventajas, principalmente en regiones frontales. También se reportó que la PA delta y theta en áreas frontales es mayor en los niños con antecedentes de riesgo biológico que en los niños que no los tienen (Harmony y cols., 1990-b). En otras palabras, que si un niño posee antecedentes biológicos de riesgo o un nivel socioeconómico bajo, será significativamente mayor la probabilidad de que ese niño tenga rasgos de retraso en la maduración de su EEG (Harmony y cols., 1991; Otero, 1997).

Por lo tanto, refiriéndonos al trabajo de Harmony y cols. (1992), consideramos que la relación observada entre la ejecución de las tareas y el contenido de frecuencias en el EEG de esos niños, pudo haber estado contaminada por factores como los antecedentes de riesgo y las características socioeconómicas. Por ello, en este trabajo nos proponemos explorar en un grupo de niños con coeficiente intelectual en el rango normal, exploración neurológica normal, sin desventajas socioeconómicas y sin antecedentes biológicos de riesgo, las relaciones entre los parámetros espectrales de su EEG (potencia relativa PR, potencia absoluta PA y la coherencia electroencefalográfica, Coh) registrado en condición de reposo con ojos cerrados y las variables derivadas de su ejecución en las tareas de atención selectiva y memoria de trabajo verbal realizadas en una sesión independiente.

M E T O D O L O G Í A:

SUJETOS :

Veinticinco escolares en un rango de edad entre 10 y 12 años, de los cuales 12 fueron niñas y 13 niños. A cada escolar se le realizó un examen neurológico, con la intención de seleccionar aquellos sin síntomas ni signos neurológicos. Se les evaluó con las escalas de ejecución y verbal del WISC-R (versión revisada del Weschler Intelligence Scale for Children), seleccionando aquellos niños que obtuvieron puntuaciones superiores a 90, y que además no habían reprobado ningún ciclo escolar.

Para la selección de la muestra, se aplicó además a los padres de cada sujeto un cuestionario que contenía preguntas referentes a:

1.- la historia clínica del niño desde antes de su nacimiento (etapa perinatal) hasta el momento de aplicar el cuestionario, que permitía evaluar los antecedentes biológicos de riesgo de daño cerebral.

2.- el nivel socioeconómico de la familia (condiciones de vivienda, ingreso mensual per cápita, hábitos de alimentación, escolaridad y ocupación de los padres),

3.- los datos de su desarrollo motriz y verbal

4.- detección de problemas emocionales.

Para clasificar el nivel socioeconómico de la familia de los sujetos se consideraron dos variables fundamentales:

1.- escolaridad de la madre

2.- porcentaje de salario mínimo percápita en la familia

Se seleccionaron los niños que tenían un nivel socioeconómico medio, es decir con más de 50% de salario mínimo percápita en la familia, cuya madre tenía escolaridad mínima de primaria.

Se deseaba que los niños de la muestra no tuvieran antecedentes de riesgo biológico, entendiéndose por ello los siguientes antecedentes:

a).- bajo peso al nacer,

b).- nacimiento prematuro,

c).- hipoxia perinatal,

d).- deshidratación severa durante el primer año de vida,

e).- fiebres altas sostenidas en el primer año o convulsiones febriles

f).- traumatismos craneoencefálicos con pérdida de la conciencia.

MATERIALES

Test psicométrico WISC-R, encuesta a los padres, Computadora IBM-AT en la cual se corría el programa computarizado de atención selectiva y memoria RENDIMAX, sistema neurométrico (MEDICID 03-M).

PROCEDIMIENTO

- A.- Se aplicó el test psicométrico WISC-R en un cubículo en privacidad y de forma individual.
- B.- Se aplicó la entrevista a los padres.
- C.- Se realizó una exploración neurológica.
- D.- Se seleccionaron aquellos niños con exploración neurológica normal, puntuación del WISC-R mayor que 90, sin desventajas socioeconómicas ni antecedentes biológicos de riesgo.
- E.- En una primera sesión experimental se aplicó la batería Psicológica Rendimax (Hinojosa, 1989), que contiene una prueba de atención selectiva (CPT= Continuous Performance Task) y una prueba de memoria a corto plazo (basada en el paradigma de Sternberg, 1966).
- F.- En una segunda sesión experimental se realizó un registro de EEG en reposo con ojos cerrados. Posteriormente se hizo la edición y el análisis del EEG.
- G.- Se realizó el análisis estadístico de los datos.

PRUEBA DE ATENCION (CPT).

El sujeto seleccionaba un dígito entre 0 y 9, y se le pedía que lo escribiera en la computadora. Posteriormente se le informaba que debía presionar la barra espaciadora cada vez que apareciera en la pantalla el dígito seleccionado. Esta prueba se dividió en 5 bloques de dificultad creciente. En cada bloque se hicieron 30 presentaciones en el monitor de la computadora en forma aleatoria (una cada 2 segundos) diez

de las cuales contenían el dígito seleccionado. Si el sujeto apretaba la barra espaciadora en presencia del dígito seleccionado en 3 o más ocasiones, la prueba continuaba con el siguiente bloque; si no lo hacía, la prueba se daba por concluida automáticamente.

En el primer bloque los dígitos se presentaron en el centro de la pantalla.

En el segundo bloque se presentaron 2 dígitos simultáneamente, uno en el centro y el otro en la esquina superior izquierda de la pantalla.

En el tercer bloque se añadió un número en la parte inferior derecha de la pantalla.

En el cuarto bloque se presentaron simultáneamente 4 dígitos: uno en el centro y los otros tres en las esquinas superior izquierda, inferior derecha y superior derecha.

En el quinto bloque se presentaron 5 dígitos simultáneamente: uno en el centro y los otros cuatro en las esquinas.

EVALUACION

La ejecución, de cada bloque, fue evaluada automáticamente por la computadora, calculando:

- 1) número de aciertos (se consideró un acierto si el sujeto respondía cuando se presentaba el dígito seleccionado)
El número de errores se clasificó en dos tipos:
- 2) número de falsas alarmas (se consideró falsa alarma si el sujeto apretaba la barra espaciadora cuando no se presentaba el dígito preseleccionado)

- 3) número de omisiones (sí el sujeto no respondía cuando aparecía en pantalla el número preseleccionado)

PRUEBA DE MEMORIA

Esta prueba se basa en el paradigma de Sternberg (1966). La prueba se dividió en 3 bloques de dificultad creciente. En el primer bloque se presentaban en el centro de la pantalla 3 dígitos que el sujeto debía memorizar. Al sujeto se le pedía que oprimiera una tecla cuando estaba listo para iniciar la prueba. En ese momento y en forma aleatoria cada 200 milisegundos se le presentaba un dígito, el sujeto tenía que decidir si pertenecía o no al conjunto de dígitos previamente memorizado; si pertenecía, debía oprimir la tecla con la letra "S" y si no pertenecía, debía oprimir la tecla con la letra "N". Esta operación se realizaba 10 veces. Si el sujeto respondía correctamente en 3 o más ocasiones, se le presentaba el bloque que difería del primero en que el conjunto a memorizar tenía 4 dígitos. Siguiendo un procedimiento análogo, el individuo podía pasar al tercer bloque en el cual el conjunto que debía memorizar tenía 5 dígitos.

EVALUACIÓN:

En cada bloque la computadora calculó automáticamente los parámetros siguientes:

- 1) número de aciertos (cuando el dígito pertenecía al conjunto y se oprimía la tecla "S" o cuando no pertenecía y se oprimía la tecla "N")

- 2) Tiempo de Retención: el tiempo transcurrido para memorizar los dígitos del conjunto.
- 3) Tiempo de Reacción Promedio en las respuestas correctas.

PARÁMETROS DERIVADOS DEL ANÁLISIS DE FRECUENCIAS DEL EEG

Registro del EEG:

Se hizo un registro referencial del electroencefalograma en reposo con ojos cerrados en 17 derivaciones del Sistema Internacional 10-20 (F3, F4, C3, C4, P3, P4, O1, O2, F7, F8, T3, T4, T5, T6, FZ, CZ y PZ) utilizando como referencia los lóbulos de las orejas cortocircuitados.

Edición del EEG:

Se seleccionaron 24 segmentos de 2.56 segundos, libres de artefactos, para el análisis.

Análisis del EEG:

Se calculó la Potencia Absoluta (PA) y la Potencia Relativa (PR) del EEG en cada derivación y en cada una de las bandas: delta (de 1.5 a 3.5 Hz.), theta (de 3.5 a 7.5 Hz), alfa (de 7.5 a 12.5 Hz) y beta (de 12.5 a 19 Hz).

También se calculó la coherencia en cada banda entre todas las posibles parejas de derivaciones.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se hicieron los archivos de datos con la información de todos los sujetos y se calcularon los coeficientes de correlación entre los valores transformados de la PA en cada derivación y cada banda vs. los parámetros de las pruebas de atención y memoria; tomando en consideración niveles de significancia menores al 0.05.

Se siguió un procedimiento análogo para los valores transformados de la PR y para los valores transformados de la coherencia, con la excepción de que en la coherencia se consideraron niveles de significancia menores que 0.01 ya que la cantidad de variables es superior. Es necesario aclarar que los niveles de significancia adoptados en este estudio están lejos de satisfacer criterios tan estrictos como el de Bonferroni; estamos haciendo análisis de correlaciones univariados en presencia de datos multivariados, por ello en la exposición no sólo nos referiremos a las correlaciones significativas, sino a aquellas correlaciones significativas que muestran mayor confiabilidad, es decir, que por su consistencia no parezcan ser resultados espurios, entendiendo por consistencia que una misma derivación se observe en varias bandas o que en una banda haya varias derivaciones cercanas con un mismo comportamiento.

RESULTADOS :

Los resultados se presentarán en dos partes. los que se refieren a la tarea de atención selectiva y los que se refieren a la tarea de memoria de trabajo.

En las tablas se presentan exclusivamente los resultados en los que fue significativa la correlación entre los parámetros derivados del análisis de frecuencias del EEG ($p < 0.05$ para PA y PR ; $p < 0.01$ para COH) y las variables estudiadas en la ejecución de tareas. En las celdas de las tablas aparece la información de la derivación en la que se observó la correlación significativa y el coeficiente de correlación, indicando si ésta fue positiva o negativa.

1. - Ejecución en la prueba de atención vs. parámetros derivados del EEG.

1.1.- Correlación entre los valores de PA y los parámetros evaluados en la ejecución de la tarea.

Al relacionar la PA con el número de aciertos el resultado que destaca es que un mayor número de aciertos estuvo relacionado con mayores valores de PA alfa en las derivaciones T4, C4 y O1; y menor PA alfa en F7. Esto se observó cuando se presentaron 3 estímulos o uno sólo (Tabla 1).

Con respecto a las falsas alarmas, las altas correlaciones se observaron cuando se presentó un único dígito (Tabla 2) ; en general se observó que a menor cantidad de falsas alarmas, había una mayor PA delta en F7, F8, P3 ; mayor PA theta en F7, F8, F3, F4 y mayor PA alfa en F4 y F8. Por otro lado el menor número de omisiones (Tabla 3) estuvo relacionado con menores

valores de PA en F7 en las bandas delta, theta y alfa cuando sólo se presentó un estímulo y con menores valores de PA delta y theta en F8 cuando se presentaron 4 dígitos.

Tabla 1

CORRELACIÓN ENTRE LOS VALORES DE POTENCIA ABSOLUTA Y EL NUMERO DE ACIERTOS EN UNA TAREA DE ATENCION SELECTIVA ($P \leq 0.05$).

NUMERO DE ESTIMULOS PRESENTADOS					
BANDAS DE FRECUENCIA	1 E	2 E	3 E	4 E	5 E
DELTA					
THETA					T3 (-0.39)
ALFA	F7 (-0.38) T4 (+0.37)		C4 (+0.48) O1 (+0.40)	F8 (-0.38)	F7 (+0.37)
BETA	T4 (+0.86)				

Tabla 2
CORRELACIÓN ENTRE LOS VALORES DE LA POTENCIA ABSOLUTA Y EL NUMERO DE FALSAS ALARMAS EN UNA TAREA DE ATENCION SELECTIVA ($P \leq 0.05$).

NUMERO DE ESTIMULOS PRESENTADOS					
BANDAS DE FRECUENCIA	1 E	2 E	3 E	4 E	5 E
DELTA	F7 (-0.40) F8 (-0.44) P3 (-0.39)			O1 (+0.36)	
THETA	F7 (-0.55) F8 (-0.42) F3 (-0.44) F4 (-0.40)				O1 (+0.41)
ALFA	F8 (-0.44) F4 (-0.38)				
BETA					F7 (-0.44) Cz (-0.40)

Tabla 3
CORRELACIÓN ENTRE LOS VALORES DE POTENCIA ABSOLUTA Y EL NUMERO DE OMISIONES EN UNA TAREA DE ATENCION SELECTIVA ($P \leq 0.05$).

NUMERO DE ESTIMULOS PRESENTADOS					
BANDAS DE FRECUENCIA	1 E	2 E	3 E	4 E	5 E
DELTA	F7 (+0.36)			F8 (+0.38)	
THETA	F7 (+0.38)			F8 (+0.37)	
ALFA	F7 (+0.40)				
BETA					

1.2.- Correlación entre los valores de PR y los parámetros evaluados en la ejecución de la tarea.

Puede observarse en la Tabla 4 que el número de aciertos en el CPT al presentar 3 estímulos se correlacionó negativamente con la PR delta (F8) y theta (F4, C3, C4, F8, T3, Fz, Cz); y positivamente con la PR alfa (C4, Cz) y beta (F3, F4, F8, T4), mientras que al presentar 5 estímulos el número de aciertos se correlacionó negativamente con la PR delta (F7) y theta (F4, F8, Fz, Cz); y positivamente con la PR alfa (Fz, Cz) y beta (F4, F8).

Un menor número de falsas alarmas estuvo asociado a mayor PR beta en O1 al presentar dos y tres estímulos (Tabla 5) y un menor número de omisiones se relacionó con menor PR delta (F4, F8), menor PR theta (C3, C4, F8, T3, Fz, Cz) y mayor PR alfa (F4, C4, F8, T4, Fz, F3) (Tabla 6).

Tabla 4					
CORRELACION ENTRE LOS VALORES DE POTENCIA RELATIVA Y EL NUMERO DE ACIERTOS EN UNA TAREA DE ATENCION SELECTIVA ($p \leq 0.05$)					
NUMERO DE ESTIMULOS PRESENTADOS					
BANDAS DE FRECUENCIA	1 E	2 E	3 E	4 E	5 E
DELTA			F8 (-0.40)		F7 (-0.38)
THETA			Fz (-0.38) Cz (-0.45) T3 (-0.48) C3 (-0.41) C4 (-0.50) F4 (-0.38) F8 (-0.37)		Fz (-0.43) Cz (-0.39) F4 (-0.41) F8 (-0.39)
ALFA			Cz (+0.36) C4 (+0.46)		Cz (+0.39) Fz (+0.46)
BETA			F3 (+0.44) F4 (+0.36) F8 (+0.40) T4 (+0.36)		F4 (+0.40) F8 (+0.40)

Tabla 5

CORRELACIÓN ENTRE LOS VALORES DE POTENCIA RELATIVA Y EL NUMERO DE FALSAS ALARMAS EN UNA TAREA DE ATENCION SELECTIVA ($p \leq 0.05$).

NUMERO DE ESTIMULOS PRESENTADOS					
BANDAS DE FRECUENCIA	1 E	2 E	3 E	4 E	5 E
DELTA	F4 (+0.39)			Fz (+0.45)	P3 (-0.42)
THETA					
ALFA					
BETA		O1 (-0.38)	O1 (-0.38)		

Tabla 6

CORRELACIÓN ENTRE LOS VALORES DE POTENCIA RELATIVA Y EL NUMERO DE OMISIONES EN UNA TAREA DE ATENCION SELECTIVA ($p \leq 0.05$).

NUMERO DE ESTIMULOS PRESENTADOS					
BANDAS DE FRECUENCIA	1 E	2 E	3 E	4 E	5 E
DELTA			F8 (+0.41)		
THETA			F4(+0.37) F8 (+0.36) T3 (+0.48) C3 (+0.40) C4 (+0.39) Fz (+0.38) Cz (+0.43)	F4(+0.42) C3 (+0.39) C4 (+0.42) Fz (+0.41)	
ALFA			F4 (+0.37) F8 (-0.41) T4 (-0.37) C4 (-0.45) Fz (-0.45)	F3 (-0.37) F4 (-0.42) T4 (-0.45) C4 (-0.45)	
BETA					

1.3.- Correlación entre los valores de COH y los parámetros evaluados en la ejecución de la tarea.

En las tablas 7, 8, 9 y 10 puede observarse la correlación entre los parámetros de ejecución de la tarea y la coherencia en las bandas delta, theta, alfa y beta respectivamente. En las figuras 7, 8 y 9 se representan de una manera mucho más accesible visualmente los mismos resultados de estas tablas (sin tomar en cuenta el número de estímulos presentados). Un mayor número de aciertos estuvo relacionado con menores valores de coherencia en todas las bandas. En delta esto ocurrió principalmente en las parejas de derivaciones donde una de ellas se encontraba en regiones posteriores de ambos hemisferios (Tabla 7); en theta ocurrió principalmente para coherencias intrahemisféricas del hemisferio izquierdo (Tabla 8); en alfa llama la atención que estas bajas coherencias, asociadas a las respuestas correctas se dan entre regiones anteriores y regiones posteriores, tanto intra como inter-hemisféricamente (Tabla 9). En la banda beta (Tabla 10) el número de aciertos estuvo correlacionado negativamente con las coherencias que involucraban a T3, T5 y O1 principalmente.

Un menor número de falsas alarmas se relacionó con menores valores de coherencia delta y theta entre regiones frontales y parieto-occipitales (Tablas 7 y 8) cuando se presentaron dos y tres estímulos, pero cuando se presentó un sólo estímulo el menor número de falsas alarmas se relacionaba con mayores valores de coherencia delta y theta interhemisféricos en regiones frontales.

Un menor número de omisiones estuvo relacionado principalmente con menores valores de coherencia en la banda beta (Tabla 10).

TABLA 7
CORRELACIONES SIGNIFICATIVAS ENTRE LAS COHERENCIAS Y
UNA TAREA DE ATENCIÓN ($p \leq 0.01$)
DELTA

Número de ESTIMULOS	ACIERTOS	OMISIONES	FALSAS ALARMAS
1 E	T4-T5 -0.0006	F4-FZ +0.0032	F3-F4 -0.0055 F3-FZ -0.0078 F4-FZ -0.0009 F4CZ -0.0073 O1-F8 +0.0097
2 E			F4-C4 +0.0046 F4-P3 +0.0028 F4-T5 +0.0057 P3-FZ +0.0055 O1-T4 +0.0010 T4-CZ +0.0004
3 E	C3-O1 -0.0008 C3-O2 -0.0075 C4-O1 -0.0078 C4O2 -0.0030 C4-T3 -0.0052 C4-PZ -0.0038 P3-P4 -0.0018 P3-O1 -0.0017 P3-O2 -0.0049 P3-F7 -0.0034 P3CZ -0.0056 O1-T3 -0.0050 O1-CZ -0.0001 O2.CZ -0.0007 O2-PZ -0.0066 F7-T5 -0.0028 T3-T5 -0.0015 T5-CZ -0.0026 T6-CZ -0.0071	C3-O1 +0.0096 P3-F7 +0.0028 O1-CZ +0.0034 F7-T5 +0.0021 T3-T5 +0.0047	F3-O1 +0.0061 F3O2 +0.0028 F4-P3 +0.0090 F4-O1 +0.0048 F4-O2 +0.0087 F4-T5 +0.0046
4 E			F3-C3 +0.0054
5 E			

TABLA 8
CORRELACIONES SIGNIFICATIVAS ENTRE LAS COHERENCIAS Y
UNA TAREA DE ATENCIÓN ($p \leq 0.01$)
THETA

Número de ESTIMULOS	ACIERTOS	OMISIONES	FALSAS ALARMAS
1 E		F3-F4 +0.0041 F4-FZ +0.0062	F3-F4 -0.0002 F3-FZ -0.0086 F4-F7 -0.0048 F4-FZ -0.0016 F4-CZ -0.0058
2 E	C3-F7 -0.0063 C4-F7 -0.0037 F7-CZ -0.0009 F7-PZ -0.0011	F7-PZ +0.0025	F3-P3 +0.0068 T4-PZ +0.0053
3 E	F3-P3 -0.0049 F3-O1 -0.0022 F3-T5 -0.0040 C3-O1 -0.0007 C3-T5 -0.0098 C4-PZ -0.0011 P3-P4 -0.0046 P3-O1 -0.0020 P3-F7 -0.0006 P3-T3 -0.0048 O1-T3 -0.0001 F7-T5 -0.0004 T3-T5 -0.0009 T3-CZ -0.0087 T3-PZ -0.0046 T5-FZ -0.0005 T5-CZ -0.0004	P3-F7 +0.0033 O1-T3 +0.0013 F7-T5 +0.0018 T3-T5 +0.0072 T5-CZ +0.0042	F3-O1 +0.0003 F3-O2 +0.0027 F4-O1 +0.0091 F4-O2 +0.0021 C4-O1 +0.0035 C4-O2 +0.0075 O1-FZ +0.0001 O1-CZ +0.0033 O2-FZ +0.0002 O2-CZ +0.0041
4 E			
5 E			

TABLA 9
CORRELACIONES SIGNIFICATIVAS ENTRE LAS COHERENCIAS Y
UNA TAREA DE ATENCIÓN ($p \leq 0.01$)
ALFA

Número de ESTIMULOS	ACIERTOS	OMISIONES	FALSAS ALARMAS
1 E	F3-O1 -0.0069 F3-T5 -0.0017 O1-F7 -0.0096 O1-T4 -0.0065 O2-FZ -0.0080 O2-CZ -0.0095 T5-T6 -0.0080 T5-CZ -0.0014	F4-FZ +0.0038 O1-T4 +0.0042	P3-T3 +0.0080
2 E	T6-FZ -0.0045 T6-CZ -0.0093	T6-FZ +0.0058 T6-CZ +0.0060	F4-FZ -0.0063
3 E	F4-P3 -0.0087 P3-FZ -0.0077 O1-CZ -0.0082		C3-O2 +0.0013
4 E		P4-T4 -0.0004	F3-C3 -0.0063 F3-CZ -0.0033 F4-CZ -0.0086 FZ-CZ -0.0023
5 E		C4-P3 -0.0031	

TABLA 10
CORRELACIONES SIGNIFICATIVAS ENTRE LAS COHERENCIAS Y
UNA TAREA DE ATENCIÓN ($p \leq 0.01$)

BETA

Número de ESTIMULOS	ACIERTOS	OMISIONES	FALSAS ALARMAS
1 E			F4-FZ -0.0063
2 E	F3-T6 -0.0001 C3-T6 -0.0003 C4-T3 -0.0080 T5-T6 -0.0005 T6-FZ -0.0010	F3-T6 +0.0001 C3-T6 +0.0001 C4-T3 +0.0081 T3-T6 +0.0082 T5-T6 +0.0001 T6-FZ +0.0003	
3 E	F3-O1 -0.0001 F3-O2 -0.0040 F3-T5 -0.0083 C3-O1 -0.0006 C3-O2 -0.0075 C3-T5 -0.0090 C4-O1 -0.0073 C4-T3 -0.0064 P3-O1 -0.0014 P3-F7 -0.0064 O1-F7 -0.0001 O1-T3 -0.0001 O1-FZ -0.0002 O1-CZ -0.0012 F7-T5 -0.0002 T3-T5 -0.0007 T3-PZ -0.0083 T5-CZ -0.0020	F3-O1 +0.0001 F3-T5 +0.0048 C3-O1 +0.0079 C4-T3 +0.0060 P3-O1 +0.0076 P3-F7 +0.0056 O1-F7 +0.0001 O1-T3 +0.0001 O1-FZ +0.0012 O1-CZ +0.0081 F7-T5 +0.0004 T3-T5 +0.0052 T5.CZ +0.0007 T5-PZ +0.0075	O2-T4 +0.0033
4 E	F3-O1 -0.0076 F4-T3 -0.0022 P4-F7 -0.0097 O1-F7 -0.0007 O1-T3 -0.0014 O2-T3 -0.0088 F8-T5 +0.0018 T5-PZ -0.0038		
5 E		P4-T3 -0.0086 T3-T5 -0.0045 T3-PZ -0.0098	

ATENCIÓN

COHERENCIA ELECTROENCEFALOGRÁFICA vs. ACIERTOS

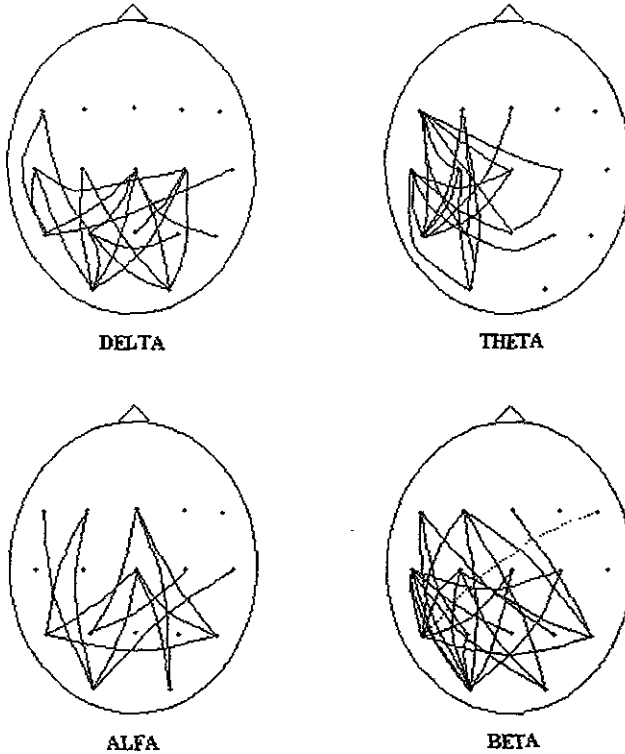


Figura 7 : En esta figura se representan todas las correlaciones significativas, independientemente del número de estímulos presentado. Las coherencias en líneas continuas son aquellas cuya correlación con el número de aciertos fue negativa. Las coherencias en líneas punteadas corresponden a aquellas que correlacionaron positivamente con el número de aciertos.

ATENCIÓN

COHERENCIA ELECTROENCEFALOGRÁFICA vs. FALSAS ALARMAS

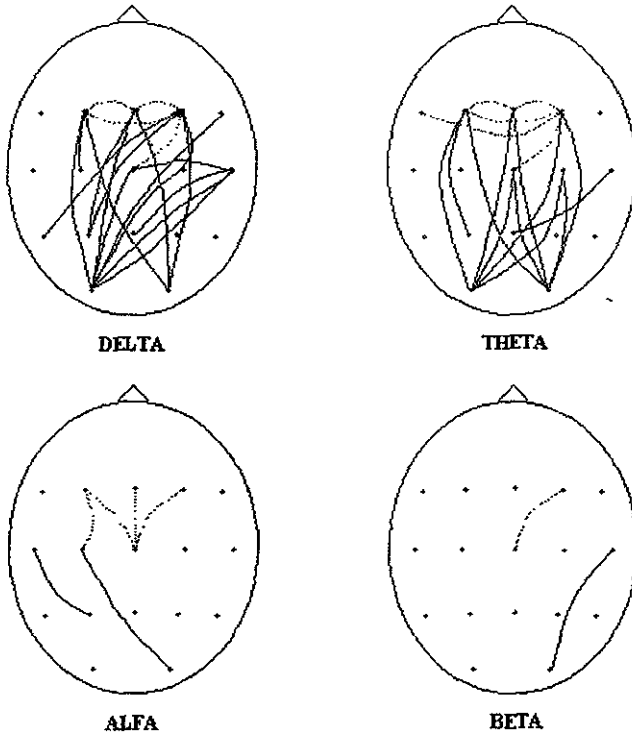


Figura 8 : En esta figura se representan todas las correlaciones significativas, independientemente del número de estímulos presentado. Las coherencias en líneas continuas son aquellas cuya correlación con el número de falsas alarmas fue positiva. Las coherencias en líneas punteadas corresponden a aquellas que correlacionaron negativamente con el número de falsas alarmas.

ATENCIÓN
COHERENCIA ELECTROENCEFALOGRÁFICA vs. OMISIONES

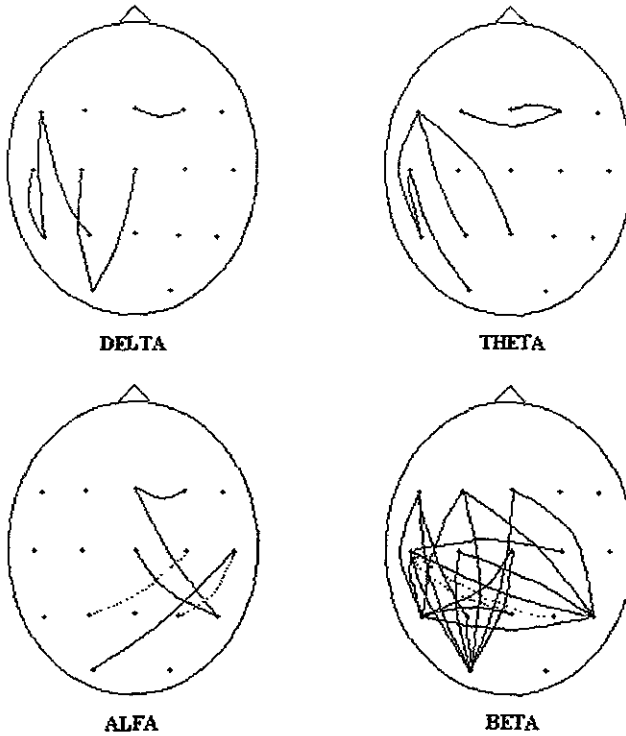


Figura 9 : En esta figura se representan todas las correlaciones significativas, independientemente del número de estímulos presentado. Las coherencias en líneas continuas son aquellas cuya correlación con el número de omisiones fue positiva. Las coherencias en líneas punteadas corresponden a aquellas que correlacionaron negativamente con el número de omisiones.

2.- Ejecución en la prueba de memoria vs parámetros derivados del EEG.

2.1.- Correlación entre los valores de PA y los parámetros evaluados en la ejecución de la tarea.

No se observaron correlaciones significativas con el número de aciertos. Una mayor PA delta en C3 estuvo asociada a menor Tiempo de Retención del conjunto de dígitos (tabla 11). Mayores valores de PA en la banda theta (Cz,Pz), alfa (Cz) y beta (Fz) se relacionaron con mayor TRP (tabla 12).

TABLA 11
CORRELACIÓN ENTRE LOS VALORES DE POTENCIA ABSOLUTA Y EL TIEMPO UTILIZADO PARA RETENER EN UNA TAREA DE MEMORIA ($p \leq 0.05$)

BANDAS	BLOQUES		
	3	4	5
DELTA	C3 (-0.37)		
THETA			
ALFA			
BETA			

TABLA 12

CORRELACIÓN ENTRE LOS VALORES DE POTENCIA ABSOLUTA Y EL TIEMPO DE REACCIÓN PROMEDIO EN LA TAREA DE MEMORIA ($p \leq 0.05$)

BANDAS	BLOQUES		
	3	4	5
DELTA			
THETA	Cz(+0.38) Pz(+0.42)		
ALFA	Cz(+0.61)		
BETA	Fz(+0.85)		

2.2.- Correlación entre los valores de PR y los parámetros evaluados en la ejecución de la tarea.

Una mayor cantidad de aciertos estuvo asociada a mayores valores de PR theta en F8 y menores valores de PR alfa en T4 (Tabla 13).

No se observaron diferencias significativas entre la PR y el tiempo de reacción promedio ni entre la PR y el tiempo de retención.

TABLA 13

CORRELACIÓN ENTRE LOS VALORES DE POTENCIA RELATIVA Y EL NÚMERO DE ACIERTOS EN UNA TAREA DE MEMORIA ($p \leq 0.05$)

BANDAS	BLOQUES		
	3	4	5
DELTA			
THETA	F8 (+0.38)		
ALFA	T4 (-0.42)		
BETA			

2.3.- Correlación entre los valores de COH y los parámetros evaluados en la ejecución de la tarea.

En esta tarea prácticamente no se observaron correlaciones significativas entre aciertos y coherencias. Los resultados se presentan en las tablas 14, 15, 16 y 17. Para facilitar la visualización de los resultados, presentamos las figuras 10, 11 y 12.

El tiempo de retención fue menor cuando las coherencias de la banda beta fronto-temporales posteriores tenían menores valores y cuando las coherencias de la banda alfa eran coherencias que involucraban a la región frontal izquierda por un lado y a la temporal posterior derecha por otro.

Menores tiempos de reacción promedio se asociaron a menores valores de coherencia en la banda beta cuando se presentaron 3 dígitos, pero el resultado más significativo fue que un menor TRP cuando el conjunto a memorizar tenía 5 dígitos correspondía a niños cuyas coherencias frontotemporales, principalmente del hemisferio izquierdo eran menores. Los menores TRP también se relacionaron con menores coherencias alfa intrahemisféricas del hemisferio izquierdo.

TABLA 14
CORRELACIONES SIGNIFICATIVAS ENTRE LAS COHERENCIAS Y
UNA TAREA DE MEMORIA ($p \leq 0.01$)
DELTA

No. de dígitos en el bloque	ACIERTOS	TIEMPO DE REACCIÓN PROMEDIO	TIEMPO PARA MEMORIZACIÓN
3	C3-F7 +0.0091 O2-F8 -0.0060	P3-P4 +0.0026	
4		O1-T4 +0.0052	
5		F7-F8 -0.0076	

TABLA 15
CORRELACIONES SIGNIFICATIVAS ENTRE LAS COHERENCIAS Y
UNA TAREA DE MEMORIA ($p \leq 0.01$)

THETA

No. de dígitos en el bloque	ACIERTOS	TIEMPO DE REACCIÓN PROMEDIO	TIEMPO PARA MEMORIZACIÓN
3			C4-T5 +0.0079
4		P3-T3 +0.0091	
5	F8-PZ -0.0069		

TABLA 16
CORRELACIONES SIGNIFICATIVAS ENTRE LAS COHERENCIAS Y
UNA TAREA DE MEMORIA ($p \leq 0.01$)

ALFA

No. de dígitos en el bloque	ACIERTOS	TIEMPO DE REACCIÓN PROMEDIO	TIEMPO PARA MEMORIZACIÓN
3		P3-FZ +0.0086 O1-T3 +0.0096 P3-F7 +0.0058	C4-T4 -0.0060 T4-CZ -0.0072
4		P3-F7 +0.0076	F3-T6 +0.0007 F7-T6 +0.0035 T6-FZ +0.0028
5		F3-O1 +0.0069 F3-T5 +0.0029 F4-CZ +0.0027 C3-F7 +0.0001 P3-F7 +0.0016 F7-CZ +0.0001 F7-PZ +0.0001 F8-PZ +0.0052 T3-PZ +0.0065 T5-CZ +0.0064	

TABLA 17
CORRELACIONES SIGNIFICATIVAS ENTRE LAS COHERENCIAS Y
UNA TAREA DE MEMORIA ($p \leq 0.01$)

BETA

No. de dígitos en el bloque	ACIERTOS	TIEMPO DE REACCIÓN PROMEDIO	TIEMPO PARA MEMORIZACIÓN
3	O2-T6 -0.0057	F3-P3 +0.0073 F3-O1 +0.0045 P3-F7 +0.0049 O1F7 +0.0018 F7-T5 +0.0037	
4		P3F7 +0.0031	F3-T6 +0.0001 F4-T5 +0.0001 O1-F8 +0.0022 F7-T6 +0.0024 T5-T6 +0.0032 T6-FZ +0.0025
5		P3-F7 +0.0090	C3-T3 -0.0036

MEMORIA

COHERENCIA ELECTROENCEFALOGRÁFICA vs. ACIERTOS

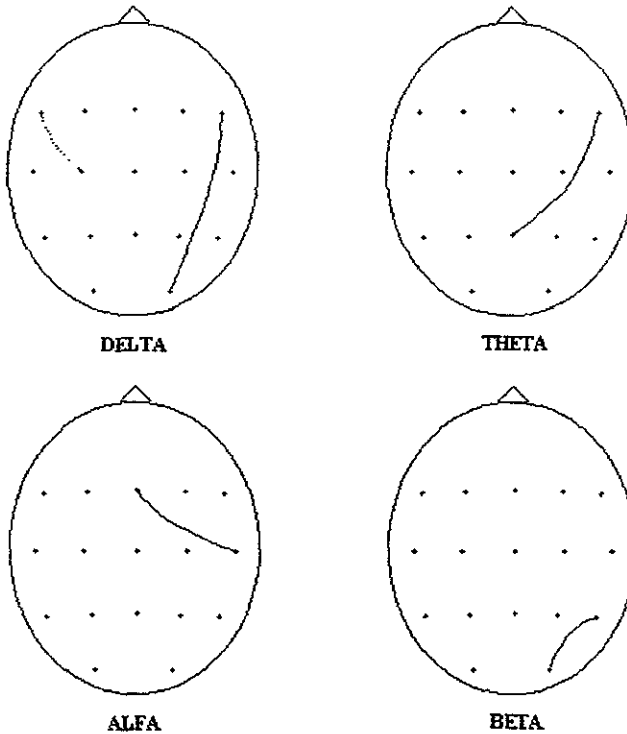


Figura 10: En esta figura se representan todas las correlaciones significativas, independientemente del número de dígitos a memorizar. Las coherencias en líneas continuas son aquellas cuya correlación con el número de aciertos fue negativa. Las coherencias en líneas punteadas corresponden a aquellas que se correlacionaron positivamente con el número de aciertos.

MEMORIA

COHERENCIA ELECTROENCEFALOGRÁFICA vs. TIEMPO DE RETENCIÓN

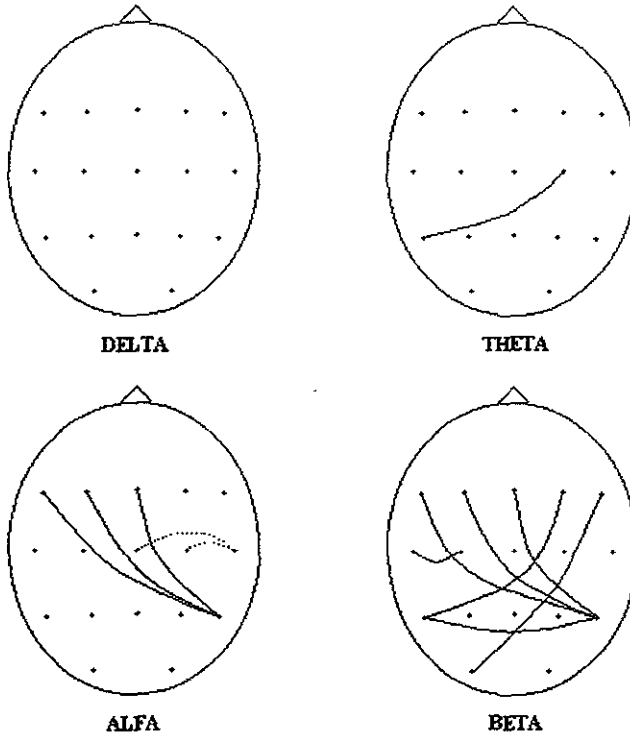


Figura 11: En esta figura se representan todas las correlaciones significativas, independientemente del número de dígitos a memorizar. Las coherencias en líneas continuas son aquellas cuya correlación con el Tiempo de Retención fue positiva. Las coherencias en líneas punteadas corresponden a aquellas que se correlacionaron negativamente con el Tiempo de Retención.

MEMORIA

COHERENCIA vs. TIEMPO DE REACCIÓN PROMEDIO

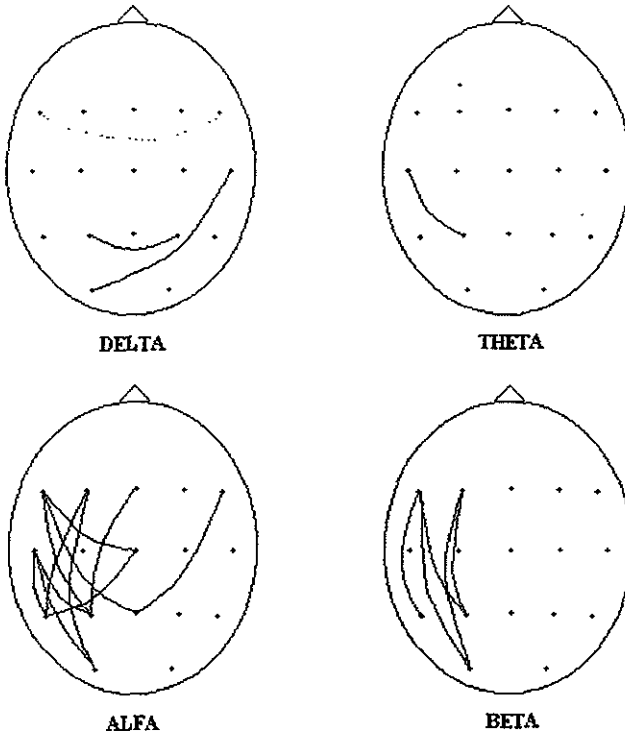


Figura 12: En esta figura se representan todas las correlaciones significativas, independientemente del número de dígitos a memorizar. Las coherencias en líneas continuas son aquellas cuya correlación con el Tiempo de Reacción Promedio fue positiva. Las coherencias en líneas punteadas corresponden a aquellas que se correlacionaron negativamente con el Tiempo de Reacción Promedio.

DISCUSIÓN:

ATENCIÓN VISUAL

Al analizar la correlación entre la Potencia Absoluta del EEG de base y los parámetros derivados de la prueba de atención que se efectuó en una sesión independiente, en muchos casos se obtuvieron resultados aislados que consideramos que carecen de valor. Llamamos la atención por su cantidad los resultados obtenidos en la banda alfa. Apoyando nuestra hipótesis de que los niños con mayor grado de madurez electroencefalográfica, es decir, menores valores de PA, deben ser los que tengan una mejor ejecución en las tareas, encontramos que un mayor número de aciertos está asociado a menores valores de PA alfa en F7 y F8 cuando se atendió a 1.º a 4 estímulos respectivamente; esto sugiere que los niños con mayor madurez electroencefalográfica de los lóbulos frontales tienen más aciertos en una tarea que involucra la participación de los mismos. Sin embargo, también se observa la relación inversa: una mejor ejecución está relacionada a mayores valores de PA en T4, C4, O1 y F7, lo cual está en contra de nuestra hipótesis.

Otro resultado interesante fue que, en promedio, los niños que presentaron menor cantidad de PA delta, theta y alfa en regiones frontales en su EEG en reposo, fueron los niños que tenían menor número de omisiones y mayor número de falsas alarmas, lo cual resulta contradictorio pues un menor número de omisiones representa una mejor ejecución, mientras que un mayor número de falsas alarmas es una ejecución peor. Otra posible interpretación, independiente de la maduración electroencefalográfica, es que el patrón de menor PA delta, theta y alfa en regiones frontales del EEG en reposo corresponda a niños más impulsivos en la tarea de atención, es decir, niños que por contestar a todos los estímulos tienen menos omisiones y más falsas alarmas.

El hecho de que en la PA se observen resultados tan poco consistentes puede deberse a la gran variabilidad del EEG, asociado al hecho de que la muestra es relativamente pequeña. La gran variabilidad del EEG se observa en las grandes diferencias de amplitud que existen entre los individuos. Estas diferencias introducen gran variabilidad en la PA interindividual, la cual puede representarse por un factor de escala multiplicativo. Al calcular la PR se elimina este factor de escala, disminuyendo considerablemente la varianza interindividual; esto podría explicar la gran consistencia observada en nuestros resultados al calcular las correlaciones entre la PR y la ejecución en esta tarea.

Llama la atención el hecho de que un mayor número de aciertos está relacionado con una mayor PR alfa y beta en regiones principalmente frontocentrales con predominio derecho, al mismo tiempo que el número de omisiones está relacionado con menor actividad alfa en prácticamente las mismas derivaciones. Asimismo, el mayor número de aciertos está relacionado con menor actividad theta en regiones centrales, frontales derechas y temporal izquierda, mientras que el mayor número de omisiones está relacionado con mayor actividad theta en esas mismas áreas. En otras palabras, con la PR se pone en evidencia que una mejor ejecución en la tarea de atención (es decir, mayor número de aciertos y menor número de omisiones) está asociada a una mayor cantidad relativa de actividad alfa y beta y a una menor cantidad relativa de actividad delta y theta frontocentral con predominio derecho en niños que no tienen desventajas socioeconómicas ni antecedentes de riesgo biológico. Estos resultados apoyan los hallazgos de Harmony y cols. en 1992.

Ya se ha mencionado el papel que tienen los lóbulos frontales en la atención sostenida, y en particular, la participación del hemisferio derecho, donde son más numerosas las terminaciones noradrenérgicas. En vista de que

a los niños se les hizo el registro electroencefalográfico en reposo en una sesión independiente de la ejecución de la tarea, nuestros resultados parecen sugerir que es necesario que el EEG de los niños en reposo tenga ciertas características (principalmente mayor PR alfa y menor PR theta frontal) para que su desempeño en la tarea de atención sea correcto. Esto se ve apoyado por los resultados de Fernández y colaboradores (1998) quienes en una tarea similar de atención sostenida, aplicada a un grupo de niños normales, observaron que si el EEG previo a la presentación del estímulo tenía menor actividad en algunas frecuencias del rango delta y theta en regiones frontales, principalmente derechas, aumentaba la probabilidad de que el niño respondiera correctamente.

En relación con la coherencia, llama la atención que a mayor número de aciertos las coherencias eran más bajas entre las regiones posteriores intra e interhemisféricas en la banda delta, entre las derivaciones del hemisferio izquierdo en la banda theta y entre regiones posteriores y anteriores en las bandas alfa y beta. Esto sugiere que existe una gran diferenciación entre las coherencias de las distintas bandas y las distintas regiones desde el punto de vista de su distribución topográfica y las fibras que involucran. Sin embargo, lo que más llama la atención es que en forma global se observó que una mejor ejecución (mayor número de aciertos y menor número de omisiones y falsas alarmas) estuvo relacionada con valores de coherencia más bajos en casi todas las derivaciones y en todas las bandas. La excepción más notable es que cuando el número de falsas alarmas fue menor, las coherencias entre regiones frontales tuvieron mayores valores. Marosi y cols. (1992) describieron que existía un patrón de maduración característico en los niños normales, quienes, a medida que la edad aumentaba mostraban un incremento de la coherencia calculada entre el vértex (Cz) y las diferentes derivaciones. Marosi y colaboradores destacaron también que la coherencia entre regiones frontales

disminuía con la edad. Estos resultados demostraban por lo tanto que la maduración de las coherencias no era homogénea desde un punto de vista espacial.

Tomando en cuenta los resultados de Marosi y cols., mayores valores de coherencia que involucren el vértex y menores valores de coherencia entre regiones frontales son un signo de maduración electroencefalográfica en cuanto a las coherencias se refiere; por lo tanto cabría esperar que estas características en la coherencia estuvieran asociadas a una mejor ejecución. Nuestros resultados no apoyan esta hipótesis, pues no destacaron de manera importante las coherencias que involucraran a Cz y en las coherencias entre regiones frontales obtuvimos lo opuesto, esto es: una mejor ejecución se relacionó con mayores valores de coherencias interfrontales. Por otra parte, Thatcher y cols (1986) propusieron que la disminución de la coherencia con la edad correspondía a una mayor diferenciación cortical y que por lo tanto era lógico el resultado observado por ellos en un grupo de niños entre el valor del coeficiente intelectual y las coherencias: a mayor coeficiente intelectual, menor coherencia.

Posiblemente, la gran incongruencia entre los resultados obtenidos con las coherencias por los diferentes autores se pueda explicar atendiendo a la Teoría del desarrollo cortical cíclico que propone Thatcher (1997). Dicha teoría se basa en el análisis del desarrollo de la coherencia en el humano. A partir de un estudio realizado con individuos desde el nacimiento hasta los 17 años, él ha concluido que no puede hablarse de un cambio lineal de la coherencia con la edad, que los cambios de la coherencia a las distintas edades son el reflejo de oscilaciones y procesos de crecimiento cíclicos que operan a lo largo de los planos medio lateral y anteroposterior del cerebro. Él interpreta estos ciclos de la coherencia como secuencias repetitivas de una sobreproducción sináptica seguida de un decremento sináptico ("synaptic pruning"), de modo que "se da un proceso de convergencia que estrecha la

disparidad entre estructura y función a través de un lento esculpido y reestructuración de la microanatomía cerebral"; el autor considera que este proceso ocurre en espiral, de manera que las estructuras cerebrales son revisadas periódicamente, resultando en incrementos de diferenciación paso a paso.

Los niños que participaron en el presente estudio, tenían edades entre 10 y 12 años. Thatcher (1997) determina que entre 9 y 11 años existe una fase de transición entre los ciclos que él define. Debido a esto, los niños de nuestra muestra no quedaron claramente ubicados en ninguno de los ciclos, de hecho una gran parte de los niños (los que tienen entre 10 y 11 años) no están incluidos en ningún ciclo, por lo que es difícil sacar alguna conclusión basándonos en la teoría de desarrollo cortical cíclico de Thatcher. Sin embargo, de acuerdo con esta teoría los lóbulos frontales son especialmente críticos en el proceso de esculpido sináptico, principalmente para los propósitos de asignación de recursos. Es posible que por ello, el patrón de las coherencias de los lóbulos frontales frecuentemente resulte diferente al de otras áreas como proponen Marosi y cols. (1992).

MEMORIA DE TRABAJO VERBAL:

Las únicas correlaciones significativas entre la PA del EEG en reposo y la ejecución en la tarea de memoria realizada en una sesión independiente, se observaron entre el TRP y la PA. Los niños que realizaban la tarea a mayor velocidad, tenían menores valores de PA en las bandas theta, alfa y beta en derivaciones de la línea media. Es decir, los niños con ejecuciones más veloces tenían características de mayor maduración electroencefalográfica en las derivaciones de la línea media. Gevins y cols. (1997) encontraron un dipolo en corteza cingulada como resultado de una actividad theta frontal de la línea media producida en condiciones de mayor dificultad en dos tareas de memoria

ESTA TESIS NO SALE DE LA BIBLIOTECA

de trabajo e interpretaron el incremento de actividad theta en la línea media como un signo de mayor atención, por ello pensamos que esta rápida ejecución de los niños con menores valores de PA en la línea media podría ser más un signo de impulsividad, debido a que su atención es menor. Sin embargo, dada la inconsistencia de los resultados obtenidos al correlacionar la PA del EEG en reposo con la ejecución en la tarea de atención, estos resultados de PA los tomaremos con reservas.

Prácticamente no hubo correlaciones significativas entre el número de aciertos y las coherencias en ninguna de las bandas, sobre todo en las bandas delta y theta. Con respecto al Tiempo para Memorizar, un menor Tiempo de Retención se relacionó con menores valores de coherencia en las bandas alfa y beta entre T6 y regiones frontales izquierdas, además de menores valores de coherencia interhemisféricas beta que involucraban a T5 y regiones frontales derechas.

Por otra parte, la coherencia electroencefalográfica fue menor en los niños que realizaron la tarea más rápidamente principalmente entre derivaciones frontales izquierdas y T6 en la banda alfa, y entre regiones frontales y occipitotemporales posteriores izquierdas en la banda beta.

Para la adecuada realización de la tarea de memoria de trabajo es necesaria la activación del circuito articulatorio que propone Baddeley (1998) en su modelo. Esto se ve confirmado por la participación del hemisferio izquierdo en tareas similares. Petrides y cols. (1993) encontraron que las áreas de Brodman 46 y 9 correspondientes a la circunvolución frontal media dorsolateral son las estructuras relacionadas con la memoria de trabajo verbal y Buckner y Tulving (1995) han observado la activación de la corteza prefrontal predominantemente izquierda. El hecho de que las coherencias intrahemisféricas del hemisferio izquierdo fueran menores en el EEG en reposo, cuando el TRP era menor puede estar asociado a que para la

adecuada realización de esta tarea son necesarias estas características de la coherencia electroencefalográfica en reposo en el hemisferio izquierdo, así como la participación de las áreas frontales.

Fernández y cols. (1998) reportaron en una tarea de memoria de trabajo verbal, en la que analizaron la PA en banda estrecha del EEG previo a la presentación del estímulo, también usando el paradigma de Sternberg, que los niños con mayor actividad en frecuencias de las bandas alfa y beta en regiones frontales tenían mayor probabilidad de responder correctamente. A partir de este resultado, los autores concluyeron que quizás fuera necesario que para la ejecución correcta de esta tarea, hubiera una mayor actividad a frecuencias del rango alfa y beta en determinadas regiones cerebrales, en particular frontales con predominio izquierdo. Posiblemente sea más que eso, quizás sea necesario que además, en el EEG de base de estos niños haya determinados patrones de conexiones intracorticales que involucren a las regiones frontales, pues como se ha demostrado en trabajos de PET, RMF y otros trabajos de electrofisiología, es indudable la participación de las áreas frontales en el proceso de memoria de trabajo verbal.

El hecho de que una mejor ejecución esté relacionada casi siempre con menores valores de coherencia podría interpretarse del mismo modo que en la tarea de atención, ya que incluso, si consideramos la teoría de desarrollo cortical cíclico de Thatcher (1997), los niños en estas edades no se ajustan a ninguno de sus ciclos.

A pesar de haber considerado distintos conjuntos a memorizar en la tarea de memoria de trabajo, era mayor el número de niños incluidos en la tarea cuando el conjunto a memorizar tenía 3 dígitos que cuando tenía 5; por ello, aunque el incremento en el número de dígitos represente más carga de memoria, y por lo tanto mayor dificultad, es difícil analizar en este estudio los niveles de dificultad. El único resultado que resaltó al respecto fue que cuando

el conjunto a memorizar tenía 5 dígitos, los niños con menores coherencias frontotemporales del hemisferio izquierdo fueron los que respondieron más rápidamente. Quizás con menores niveles de dificultad no podía verse tan claramente la necesidad de este patrón de coherencias en el EEG de base.

CONCLUSIONES:

Como se expuso en la introducción, el objetivo del presente experimento era comprobar si la ejecución de ciertos procesos cognoscitivos (atención y memoria), se correlacionaba o no con los parámetros espectrales del EEG registrado en reposo en una sesión independiente a niños normales de clase media sin problemas de aprendizaje.

A partir de los resultados encontrados podemos concluir que la ejecución en las tareas de atención selectiva y memoria de trabajo verbal tienen una correlación significativa con la PR en determinados rangos de frecuencia y con patrones de coherencia del EEG de base del sujeto. Los resultados sugieren que para una mejor ejecución en la tarea de atención, es necesario que el EEG de reposo de los niños tenga mayor actividad alfa y beta y menor actividad lenta principalmente en regiones frontales derechas. Asimismo, para una mejor ejecución en la tarea de memoria de trabajo, podría ser necesaria la existencia de determinados patrones de coherencia que involucraran al hemisferio izquierdo, principalmente a las regiones frontales. Dichos patrones de coherencia parecen depender en gran medida de la edad de los sujetos (Thatcher, 1997).

Para dilucidar la relación entre los patrones electroencefalográficos de coherencia y la ejecución en procesos cognoscitivos que involucren atención y memoria de trabajo, convendría repetir este estudio con otro grupo de niños de diferente edad, de modo que cayeran en alguno de los ciclos definidos por Thatcher (1997). En estudios posteriores convendría incluir un rango mayor de edades para realizar un análisis de correlación entre la ejecución de los niños y los valores transformados Z de manera que el efecto de la edad quedara eliminado. También podría resultar interesante analizar los patrones de coherencia intraindividuales del EEG previo a la presentación del estímulo en tareas de atención y memoria como las descritas por Fernández y cols. (1998).

BIBLIOGRAFÍA:

Adrian, E.D.& **Matthews**, B.H.C. The Berger rhythm: Potential changes from the occipital lobes in man. *Brain*, 57:355-385,1934.

Alvares, A., **Pascual**, R., **Valdés**, P., **Otero**, G. y **Ricardo**, J., 1987. Estudio de la influencia de algunas variables biológicas sobre las características del electroencefalograma. En estudios Avanzados en Neurociencias. **Alvares A. y Valdés M.** (Eds.), Editorial Cenic, La Habana, 178-201.

Alvarez, A, **Pascual-Marqui**, R.D. y **Valdéz**, P.A. (1990). Spatiotemporal properties of the alpha rhythm. In **John**, E.R., **Harmony**, T., **Prichep**, L., **Valdéz**, A. (eds.). *Machinery of the mind*. Birkhauser Boston, pp. 59-90.

Baddeley, A.D. (1986). *Working memory*, Oxford University Press. London.

Buckner, R. And **Tulving**, E. (1995). Neuroimaging studies of memory: theory and recent PET results. In **F. Boller** and **J. Grafman** (eds.). *Handbook of Neuropsychology*, chapter 16 vol. 10 pp. 439-466, Elsevier, Amsterdam.

Carter, D. B. (1970), *Academic Underachievement. Interdisciplinary Approach to learning Disorders*. En **D.B. Carter** (Ed.), New York, Chilton.

- Corbetta, M.** Miezin, F.M., Dobmeyer, S., Shulman, G.L., Petersen, S.E. (1993). Divided attention during visual discrimination of shape, color and speed: Functional anatomy by positron Emission Tomography, *J. Neurosci.*, 11: pp. 641-649.
- Coull, J.T.** (1998) Neural correlates of the attention and arousal: insights from electrophysiology, functional neuroimaging and psychopharmacology. *Progress in Neurobiology*. Vol. 55 p.p. 343-361.
- Cousins, Candis y L. Duhl.** (1983), *Technology and Learning Disabilities*. Congress of the United States. Office of Technology Assessment.
- Dangier y cols,** (1976), Psychological and psychophysical states. En C.E. Chatman and G.C. Lairy "Handbook of electroencephalographic maturation"
- De Vega, M.** (1994). *Introducción a la Psicología cognitiva*. Alianza Editorial Mexicana, México D.F.
- Díaz de León A.E.,** Harmony, T., Marosi, E., Becker, J. & Alvarez, A. (1988) Effect of different factors on EEG spectral parameters. *J. Neuroscience*, 43: 123-131.
- Elterman, R. D.;** L. F. Daroff y L. F. Dell'Osso (1980), Eye Movement Patterns in Dyslexic Children. *J. Learning Disab.*, 13:11-16.
- Fernández-Bouzas, A.;** F. Malacara; H. Ramírez; T. Harmony; J. Becker; E. Marosi; M. Rodríguez y A. Reyes (1990), "Computer

Tomography in Children with Electrophysiological Abnormalities." International Journal of Neuroscience, 56: p.p. 247-253.

Gasser, T., Mocks, J., Lenard, H. Barcher, P. and Verleger, (1983). The EEG of mildly retarded children: developmental, classificatory and topographic aspects. *Electroenceph. Clín. Neurophysiol.*, Vol. 55: p.p.131-140.

Harmony, T. 1984^a. Neurometric assesment of brain dysfunction in neurological patient. Vol. III *Functional Neuroscience.*, Lawrence Erlbaum Ass, New Jersey.

Harmony, T. (1984b). Neurometría y maduración cerebral. *Neurología, Neurocirugía y Psiquiatría.*, 25: 7-12,.

Harmony, T. (1989). Psychophysiological Evaluation of Children's Neuropsychological Disorders. En Cecil R. Reynolds y Elaine Flecher - Janzen (Eds.) *Handbook of Clinical Child Neuropsychology*, p.p. 265-290.

Harmony, T., Hinojosa,G., Marosi,E., Becker,J., Fernández,T., Rodríguez,M., Reyes, A. y Rocha, C. (1990b). Correlation between EEG spectral parameters and a educational evaluation, *Intern.J. Neuroscience.* Vol.54, p.p.147-155.

Harmony, T., Marosi, E., Becker, J., Reyes, A., Rodríguez, M., Bernal, J., Hinojosa, G. y Fernández, T. (1992). Correlación entre el análisis de frecuencias del EEG y el rendimiento en pruebas de atención selectiva y memoria en niños. *Revista Latina de Pensamiento y Lenguaje.* I: p.p. 96-103.

Harmony, T., Marosi, E., Becker, J., Reyes, A., Rodríguez, M., Bernal, J., Hinojosa, G., Silva, J. y Fernández, T. (1995). Longitudinal quantitative EEG study of children with different performances on a reading-writing test. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 95: p.p. 426-433.

John, E.R., Harmony T., Pritchep L., Valdéz M. Y Valdéz P. (1983). *Machinery of the mind* birkhanser, Boston, p.p. 360-375.

John, E.R. (1987), Evaluación neurométrica de las disfunciones cognitivas. En Harmony, T. & John,E.R., Pritchep, L., Ahn, H., Easton, P., Fridman, J. and Kaye, H. (1983) *Neurometric evaluation of cognitive dysfunction and neurological disorders in children: Progress in Neurobiology*. 21: p.p. 239-290.

John, E.R., (1990). Principles of Neurometrics. *Am. J. EEG Technol.* 30: p.p. 251-266.

Marosi, E., Harmony, T., Sánchez, L. Becker, J. Bernal, J., Reyes, A., Díaz de León, A.E., Rodríguez, M. y Fernández, T. (1992). Maturation of the coherence of EEG activity in normal and learning-disabled children. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 83: 350-357.

Marosi, E., Harmony, T., Becker, J., Bernal, J., Reyes, A., Rodríguez, M. Y Fernández (1993). Sex differences in EEG coherence in normal children. *International Journal of Neurosciences*, 72: 115-121.

Matousek, M. & Petersén, I. (1973) Frequency analysis of the EEG in normal children and adolescents. En: Kellaway, P. & Petersén, I. (Eds.).

Automation of clinical electroencephalography. Raven Press, New York, p. 75.

Mesulam, M. (1990). Large -scale neurocognitive networks and distributed processing for attention, language, and memory. *Ann. Neurol.*, 28: 597-613.

Mesulam, M. Y Mufson, E. J.(1984). Neural inputs into the nucleus basalis of the substantia innominata in the rhesus monkey. *Brain*, 107: 253-274.

Minskoff, J.G. (1973), Differential Approches to Prevalence Estimates of Learning Disabilities. *Ann. N.Y. Acad. Science*, ,205:139.

Newcomer, P.L. y P. Magee, (1977). The Performance of Learning Disabled Children on a Test of Spoken Language. *Reading Teacher*, 30:896-900.

Pihl, R.O. (1979).Children Who Have Trouble Learning. *Yearbook of Science and the Future*. Chicago: Encyclopedia Britanica, Inc.,

Prichep, L.S. John, R.E., Easton, P. and Chabot, R. (1990). Neurometric functional Imagin II. Cross-Spectral Coherence at Rest and During Mental Activity. En John, R., Harmony, T., Prichep, L., Valdés, M. y Valdés, P. (Eds.) *Machinery of the Mind*. Birkhauser, Boston, P.p. 360-375.

Rosenthal, J. (1973). Self Esteem in Dyslexic Children. *Academic Therapy*.

Ross, D. and Ross, S.(1976). *Hyperactivity: Research, Theory, and Action*.
John Wiley and sons intercience publication, New York, p. 65-95.

Silver, L. B. (1978). *The Minimal Brain Dysfunction Syndrome*. En J.
Noshpitz (Ed.), *The Basic Handbook of Child Psychiatry*, New
York:Basic Books, Inc., vol. 2.

Weber, B.A. y G.S. (1975). *Omenn. Auditory and Visual Evoked Responses
in Children with Familial Reading Disabilities. Learning
Disabilities,10:32-37.*