



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES IZTACALA

"COMPORTAMIENTO DE PARAMETROS ESPECTRALES
DEL EEG DURANTE TAREAS MENTALES DE CALCULO"

T E S I S

Que para obtener el Grado de:

MAESTRA EN NEUROCIENCIAS

p r e s e n t a

THALIA FERNANDEZ HARMONY



A s e s o r:

DRA. en C. THALIA HARMONY BAILLET

1992



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.

A mis padres, a mi hermano
y a Mario, con todo mi amor.

AGRADECIMIENTOS:

A mi mamá, maestra y asesora de esta tesis.

A mis sinodales

A Mario y a mis demás amigos y compañeros del laboratorio: Eli, Jorge, Poncho, Juan y Licha.

A mi maestra de redacción Ana María Sánchez.

A mi papá.

A Pedro Valdés.

A los alumnos de la ENEP que contribuyeron a este trabajo como sujetos experimentales.

INDICE

RESUMEN	1
INTRODUCCION	2
HIPOTESIS	10
METODOLOGIA	11
TAREAS MENTALES DE CALCULO.....	11
ENTRENAMIENTO PREVIO Y PROCEDIMIENTO GENERAL.....	12
REGISTRO DEL EEG.....	14
EDICION DEL EEG.....	16
PARAMETROS DERIVADOS DEL ANALISIS DE FRECUENCIAS DEL EEG..	17
ANALISIS DE LOS DATOS.....	18
I.- ANALISIS EXPLORATORIO INICIAL DE LAS VARIABLES P.A. y P.R. NORMALIZADAS.....	19
II.- ANALISIS ESTADISTICO USANDO NUEVAS VARIABLES....	20
III.- ANALISIS DE VARIABLES CONDUCTUALES.....	23
RESULTADOS	25
I.- RESULTADOS OBTENIDOS AL USAR LAS VARIABLES P.A. Y P.R.....	26
I.1.- DIFERENCIAS ENTRE LAS 8 CONDICIONES.....	26
I.2.- DIFERENCIAS ENTRE LAS 4 CONDICIONES DE REPOSO..	27

I.3.- DIFERENCIAS ENTRE LAS 4 TAREAS.....	27
I.4.- DIFERENCIAS ENTRE CADA TAREA Y SU REPOSO CORRESPONDIENTE.....	27
II.- RESULTADOS OBTENIDOS AL USAR LAS VARIABLES V_i Y W_i ...	29
II.1.- DIFERENCIAS ENTRE TAREAS (ANOVA DE V_i Y W_i)...	29
II.2.- ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES.....	30
II.2.1.- FACTORES.....	30
II.2.2.- DIFERENCIAS ENTRE TAREAS (ANOVA DE LOS FACTORES).....	32
III.- RESULTADOS DE TIPO CONDUCTUAL.....	34
DISCUSION.....	35
DIFERENCIAS ENTRE REPOSOS EN LOS VALORES DE P.A. Y P.R....	36
DIFERENCIAS ENTRE TAREAS EN LOS VALORES DE P.A. Y P.R....	37
DIFERENCIAS ENTRE TAREAS Y REPOSOS EN LOS VALORES DE P.A Y P.R.....	37
DECREMENTO DE ALFA.....	38
INCREMENTO DE DELTA.....	42
ACTIVIDAD THETA.....	48
ACTIVIDAD BETA.....	51
VENTAJAS DE LAS NUEVAS VARIABLES V_i Y W_i	54
DIFERENCIAS ENTRE TAREAS.....	57
CONCLUSIONES.....	67
BIBLIOGRAFIA.....	69

RESUMEN

Dado que el proceso de cálculo incluye cuatro componentes (comprensión del número, comprensión del signo, ejecución del proceso de cómputo y un componente espacial) se seleccionaron tareas que reflejaran estos componentes y se aplicaron a 25 estudiantes universitarios del sexo masculino, utilizando un paradigma de presentación aleatoria de las mismas. Se registró el electroencefalograma (EEG) en las 19 derivaciones del Sistema Internacional 10-20 durante la ejecución de las tareas y durante un período previo a su presentación. Se calcularon la Potencia Absoluta (P.A.) y la Potencia Relativa (P.R.) en las cuatro bandas de frecuencia clásicas: δ , θ , α y β .

Las diferencias en la actividad eléctrica cerebral consistieron en una disminución de α y un incremento de δ durante las tareas en relación a su respectiva condición de reposo; además hubo cambios en las bandas θ y β que serán discutidos. Debido a la gran variabilidad interindividual que se manifestó durante el reposo en la P.A. y en la P.R., no se observaron diferencias entre las tareas; por lo tanto se construyeron nuevas variables que reflejan exclusivamente el cambio electroencefalográfico entre cada tarea y su reposo correspondiente. Con estas nuevas variables se encontró una activación en regiones posteriores, común a las cuatro tareas, en las bandas δ , θ y β , y fue posible observar diferencias de actividad eléctrica cerebral entre tareas en las bandas δ y β en regiones frontocentrales, lo que sugiere la existencia de componentes diferentes para el cálculo que se manifiestan en la actividad electroencefalográfica.

INTRODUCCION

Para estudiar las bases neurales de los procesos mentales se han usado distintos métodos; entre ellos se encuentran los métodos neuropsicológicos, los métodos electrofisiológicos, los estudios de flujo cerebral usando xenón, y los estudios de tomografía por emisión de positrones (PET) para el análisis del metabolismo de la glucosa y de los distintos neurotransmisores.

La neuropsicología tiene como objeto de estudio a pacientes con lesiones neurológicas, y su objetivo es relacionar los distintos tipos y localizaciones de las lesiones con diversos déficits en la actividad cognoscitiva y la conducta. La PET es una técnica que abre posibilidades insospechadas, pues mediante su aplicación es posible llegar a estudiar hasta la participación de los distintos neurotransmisores en la actividad mental; sin embargo su costo la hace prohibitiva. El estudio de flujo cerebral usando xenón es un método muy útil en la detección de las áreas cerebrales relacionadas con la ejecución de una tarea mental. Hasta el momento no habíamos tenido acceso a estudios de flujo cerebral con xenón ni a estudios de PET, pero quizás en trabajos futuros podamos analizar el flujo cerebral; sin embargo, no es posible aplicar ninguna de estas técnicas a un gran número de sujetos, ni es posible hacer mediciones repetidas al mismo individuo, por lo que quedaría como parte complementaria de los estudios electrofisiológicos, los cuales pueden ser aplicados a

todos los sujetos cuantas veces se quiera porque no son de ninguna manera invasivos y su costo es relativamente bajo.

De los métodos electrofisiológicos, los más usados han sido el registro de la actividad de base o electroencefalograma (EEG) y el registro de los potenciales relacionados con eventos (PRE). Debido a la complejidad de las tareas y al tiempo necesario para resolverlas, se seleccionó el EEG, y en particular el análisis cuantitativo del EEG, para estudiar los cambios específicos que produce cada tarea en la actividad eléctrica cerebral. Esta selección se hizo en base a que el análisis cuantitativo del EEG ha demostrado ser un método sensible no sólo para revelar las diferencias entre una tarea y la condición de reposo, sino para discriminar entre tareas. Se ha mostrado que es posible obtener patrones característicos del comportamiento de las variables derivadas del EEG, que permiten la discriminación entre tareas (Gevins y cols., 1979a); incluso se ha sugerido la utilización de estos patrones para comandar dispositivos colocados en pacientes con lesiones neurológicas tan graves que no pueden comunicarse de ninguna manera (Keirn y Aunon, 1990).

Desde los estudios de Hans Berger en los años 30, se ha reportado una disminución de la actividad α durante la realización de tareas mentales, en comparación con la actividad del mismo sujeto durante el reposo. Esta supresión de α , que Berger describió a partir del análisis cualitativo del EEG, ha sido confirmada por muchos estudios posteriores tanto cualitativos como cuantitativos (Adrian y Matthews, 1934 c.p. Harmony, 1984; Glass, 1964; Legewie y cols., 1969; Dolce y Waldeier, 1974; Gevins y cols., 1979a, 1979b; Bunnell, 1982; Tucker y cols.,

1985; Etevenon, 1986; Petsche y cols., 1986; Gutiérrez y Corsi-Cabrera, 1988; Lang y cols., 1988; John y cols., 1989; Pfurtscheller y Klimesch, 1989; Klimesch y cols., 1990; Ramos y cols., en prensa). A la supresión de la actividad α durante una tarea mental se le ha considerado como una desincronización del EEG, caracterizada por que la actividad predominante se encuentra en el rango de frecuencias de la banda β . Según Ray y Cole (1985) y Dolce y Waldeier (1974), los aspectos cognoscitivos de la actividad mental se reflejan en la banda β ; sin embargo, en la literatura no se reporta que ocurra en forma consistente un incremento o un decremento de la actividad en esta banda (Dolce y Waldeier, 1974; Gevins y cols., 1979a; Petsche y cols., 1986, 1992).

En los estudios de EEG cuantitativo no es tan frecuente que se analice la actividad θ , y menos aún la actividad delta δ . Aunque no hay un consenso respecto al comportamiento en la banda θ (Dolce y Waldeier, 1974; Gevins y cols., 1979a; Tucker y cols., 1985; Petsche y cols., 1986, 1992; Lang y cols., 1988; De Toffol y cols., 1990), la mayoría de los autores que registran el EEG en la banda δ , reportan un incremento de la actividad en esta banda (Dolce y Waldeier, 1974; Kakizaki, 1984; Tucker y cols., 1985; Etevenon, 1986; John y cols., 1989).

La mayor parte de los estudios de análisis cuantitativo del EEG que incluyen varias tareas mentales, se caracterizan por el hecho de que seleccionan tareas que activan sistemas neurales diferentes; por ejemplo, es frecuente encontrar trabajos en donde una tarea es verbal y la otra espacial (Tucker y cols., 1985;

Earle, 1988; Gutiérrez y Corsi-Cabrera, 1988; Merrin y cols., 1988; De Toffol y cols., 1990), de manera que se espera que los cambios del EEG se produzcan con una predominancia del hemisferio izquierdo en la primera y del hemisferio derecho en la segunda. Probablemente las tareas se seleccionen de este modo, tratando de que las diferencias entre ellas sean máximas.

A pesar de que corremos el riesgo de que las diferencias electroencefalográficas entre nuestras tareas no sean lo suficientemente grandes como para ser detectadas fácilmente, nos interesa estudiar dentro de un mismo sistema sus distintos componentes. Esto ya se ha hecho en algunos trabajos de lenguaje en los que el EEG cuantitativo ha demostrado que existen diferencias entre las tareas (Alcaraz y cols., en prensa); por lo tanto nos planteamos la posibilidad de hacer ese estudio para el cálculo, ya que en ninguna de las investigaciones que relacionan los procesos mentales del cálculo con el EEG se exploran de manera independiente sus distintos componentes (Glass, 1964; Volavka y cols., 1967; Legewie y cols., 1969; Beaumont y cols., 1978; Dolce y Waldeier, 1974; Bunnell, 1982; Kakizaki, 1984; Etevenon, 1986; Petsche y cols., 1986; Earle, 1985, 1988).

Según la clasificación de Hécaen y cols. (1961 c.p. Levin y Spiers, 1985) hay tres tipos fundamentales de acalculia: alexia y/o agrafia para números, acalculia de tipo espacial y anaritmetría. Sin embargo, se sugiere la existencia de una acalculia relacionada con fallas en el reconocimiento de los signos matemáticos, ya que se ha demostrado que puede estar alterada selectivamente la capacidad para procesar los símbolos aritméticos (Luria, 1982; McCloskey y cols., 1985).

La acalculia de tipo espacial es generada por desórdenes en la orientación espacial; los problemas de cálculo en este tipo de acalculia están dados frecuentemente por desalineación de dígitos, inversión de números, errores de reversión, la incapacidad de mantener el lugar decimal o de identificar unidades, decenas, centenas, etc. y la incapacidad para realizar operaciones sencillas con determinado arreglo, ya sea vertical u horizontal (Levin y Spiers, 1985). Una de las tareas más difíciles para un paciente con acalculia de tipo espacial es sumar números decimales presentados en un arreglo horizontal (Levin y Spiers, 1985); es por ello que seleccionamos esta tarea (T1) como representativa del componente espacial del cálculo.

La alexia para números consiste en la dificultad para leer números (Levin y Spiers, 1985); la capacidad del sujeto para comprender los números puede estar alterada de manera selectiva (McCloskey y cols., 1985), lo cual sugiere la existencia de un componente para el procesamiento de los números. La tarea que consiste en leer números que incluyen varios ceros entre sus dígitos (T2) (Grafman y Boller, 1989) verifica la comprensión de números cuya sintaxis es complicada (McCloskey y cols., 1985).

La anaritmetría es un defecto del cálculo *per se*; no implica que se trate de un defecto aislado, pero excluye a la alexia y a la agrafia para números y a una desorganización espacial como causas de la acalculia (Levin y Spiers, 1985). La tarea de restar 7 a otro número (T3) era usada por Luria para evaluar la ejecución de procedimientos de cómputo (Grafman y Boller, 1989), lo cual constituye otro componente del cálculo (McCloskey y

cols., 1985).

La tarea de averiguar el signo de una operación aritmética (T4) (Grafman y Boller, 1989) sirve para evaluar la comprensión de los símbolos matemáticos, lo cual según McCloskey y cols. (1985) constituye un componente del proceso mental del cálculo.

Los estudios neuropsicológicos han intentado relacionar estos déficits en el cálculo con lesiones en determinadas áreas corticales. La alexia y/o agrafia numéricas se han asociado a lesiones localizadas en regiones posteriores del hemisferio izquierdo (Luria, 1982) y temporoparietales del mismo hemisferio (Grafman, 1988). La anaritmetría se ha encontrado en pacientes con lesiones focales temporales y occipitales del hemisferio izquierdo (Levin y Spiers, 1985) y parietales del mismo hemisferio (Warrington, 1982); Hécaen y cols. (c.p. Levin y Spiers, 1985) consideran que el patrón de daño cerebral en este tipo de acalculia es similar al de los pacientes con alexia y/o agrafia para números. La acalculia relacionada con fallas en el reconocimiento de los signos matemáticos fue asociada a lesiones parietooccipitales (Luria, 1982) y a lesiones focales parietales y temporooccipitales del hemisferio izquierdo. La acalculia de tipo espacial se reporta fundamentalmente en sujetos con lesiones parietales o frontoparietales del hemisferio derecho, aunque puede verse en pacientes con lesiones parietales bilaterales (Levin y Spiers, 1985); según Hécaen y cols. (c.p. Levin y Spiers, 1985) es raro encontrar este tipo de acalculia en pacientes con daño en el hemisferio izquierdo.

El hecho de que existan diferentes alteraciones en el cálculo en forma independiente y algunas (como la alexia y la

agrafia para números y la anaritmética) con una marcada dependencia del hemisferio izquierdo y otras (como la acalculia de tipo espacial) con una posible dependencia del hemisferio derecho, justifica la existencia de diferentes procesos en la tarea mental de cálculo (McCloskey y cols., 1985); Suponemos que cada una de las tareas que escogimos explora uno de estos componentes particulares. Las neurociencias cognoscitivas contemporáneas asumen que la función mental está compuesta de múltiples subsistemas de procesamiento de la información asociados con redes neuronales en el cerebro (Gevins, 1990).

Por lo tanto, el objetivo fundamental de este trabajo es conocer si dentro del proceso general del cálculo pueden distinguirse, con métodos electrofisiológicos, diferencias en los patrones de comportamiento de las variables Potencia Absoluta (P.A.) y Potencia Relativa (P.R.) derivadas del análisis de frecuencias del EEG (Basar, 1980), que pudieran explicar la existencia de componentes o redes neurales locales dentro de una gran red (Mesulam, 1990) asociada al proceso general del cálculo.

La revisión de la literatura sobre EEG cuantitativo en tareas mentales nos permite darnos cuenta de que en la mayoría de los estudios se utilizan pocas derivaciones, no se analizan las bandas de frecuencias más bajas, la presentación de las tareas se hace "en bloques" y no se toma en cuenta la gran variabilidad interindividual de los valores P.A. y P.R. en el reposo. Es por ello que la metodología que seleccionemos debe cumplir con los siguientes objetivos:

- 1) Registrar en las 19 derivaciones del Sistema Internacional 10-20.
- 2) Diseño aleatorio de la presentación de las tareas.
- 3) Usar las 4 tareas mencionadas y que a cada una le corresponda una condición de reposo previa.
- 4) Analizar la actividad no sólo en las bandas de frecuencia α y β , sino también en las bandas δ y θ .
- 5) Tomar en cuenta la variabilidad interindividual de la P.A. y de la P.R. en el reposo.

HIPOTESIS

1) Si las tareas corresponden con diferentes componentes del cálculo, deberán existir diferencias entre ellas. De acuerdo con lo postulado por Ray y Cole (1985) estas diferencias deberán aparecer en las frecuencias de la banda β , porque en esta banda se reflejan los aspectos cognoscitivos de las tareas.

2) Si las diferencias en los niveles de alertamiento han quedado uniformemente distribuidas a lo largo del experimento, no deberán existir diferencias entre las condiciones de reposo.

3) Si las tareas implican una activación con respecto a su condición de reposo previa, deberá observarse un decremento de actividad α en todas las tareas en relación al reposo.

4) Las tareas que requieren de mayor concentración interna deberán asociarse a mayor actividad δ , de acuerdo a lo previamente descrito por Fernández y cols. (en prensa).

METODOLOGIA

Se estudió un grupo de 25 estudiantes del sexo masculino con edades entre 18 y 31 años, diestros, normales desde el punto de vista neurológico y sin medicación en el momento del estudio. Se hicieron estas restricciones en la muestra para eliminar los efectos que pueden tener algunas variables sobre el EEG, como el sexo (Beaumont y cols., 1978; Becker y cols., 1982; Earle y Pikus, 1982; Corsi-Cabrera y cols., 1989; Pollock y cols., 1990; Petsche y cols., 1992) y la edad (Glass, 1964; Pollock y cols., 1990).

A cada sujeto se le hizo un registro monopolar del EEG en 19 derivaciones según el Sistema Internacional 10-20: Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4, O1, O2, F7, F8, T3, T4, T5, T6, Fz, Cz y Pz; se utilizó como referencia los lóbulos de las orejas cortocircuitados (A1-A2) (Rodin, 1990). El equipo utilizado fue un MEDICID 03M, en donde puede registrarse el EEG de manera continua en intervalos de 6 segundos.

Durante el registro del EEG se aplicaron 4 tareas mentales de cálculo.

TAREAS MENTALES DE CALCULO

T1: Suma de dos números decimales presentados en un arreglo horizontal, tales que cada uno tiene, a lo sumo, dos dígitos en la parte entera y dos dígitos en la parte fraccionaria.

Ejemplo: $23.7 + 54.86 =$

T2: Lectura de un número de 6 ó 7 dígitos de los cuales casi todos son ceros.

Ejemplo: 2030007

T3: Resta del número 7 a un número natural de 2 ó 3 dígitos.

Ejemplo: 53 - 7 =

T4: Decir el signo aritmético que debe ir en lugar del signo de interrogación en la operación que se presenta.

Ejemplo: 42 ? 7 = 6

Estas tareas les fueron presentadas a los sujetos en un monitor RGB a color instalado en una computadora Hewlett Packard P.C.

ENTRENAMIENTO PREVIO Y PROCEDIMIENTO GENERAL:

Antes de comenzar el registro del EEG, los sujetos se sometieron a un breve entrenamiento en el que se les mostró que la señal eléctrica muscular introduce "ruido" en el registro, y que por lo tanto debían evitar hacer movimientos, incluso oculares, desde que se les daba verbalmente la orden "REGISTRAMOS" hasta que ellos daban la respuesta verbal a la tarea presentada; se les avisó que este intervalo tendría una duración de 12 segundos aproximadamente: 6 segundos previos a la presentación de la tarea y 6 segundos de ejecución de la tarea. No sólo se entrenó a los sujetos en las tareas mentales, sino en el procedimiento de registro, que fue el siguiente:

1.- Cuando monitoreábamos un EEG sin artefactos, le decíamos al sujeto "REGISTRAMOS" y registrábamos el EEG en reposo con ojos abiertos durante 6 segundos.

2.- A continuación apretábamos una tecla en la computadora Hewlett Packard con el fin de que ésta presentara simultáneamente una tarea en su monitor y enviara un pulso al MEDICID 03M (dependiendo de qué tarea se trató, este pulso estuvo en sólo uno de los cuatro canales Pg1, Pg2, Cb1 ó Cb2)*. Registrábamos la actividad en el transcurso de la tarea mental durante 6 segundos. En este lapso el sujeto casi siempre resolvió el problema de cálculo, aunque el tiempo que necesitó fue variable y dependió tanto del sujeto como de la tarea.

3.- Fin parcial del registro.

4.- El sujeto daba la respuesta y nosotros la calificábamos (bien o mal).

5.- Volvíamos a monitorear el EEG hasta que no hubiera artefactos y comenzábamos en 1. nuevamente.

Este procedimiento se repitió hasta completar 20 minutos de registro del EEG, lo que representa aproximadamente 25 ejecuciones de cada tarea.

Al terminar se le pidió a los sujetos que ordenaran las tareas en forma decreciente de acuerdo a la dificultad de las mismas.

* Los aspectos técnicos relacionados con la sincronización de la computadora Hewlett Packard y el MEDICID 03M estuvieron a cargo del Lic. Jorge Bernal Hernández.

REGISTRO DEL EEG:

En general, los registros de EEG que incluyen varias tareas mentales se hacen por bloques, es decir, al terminar con todas las ejecuciones de una misma tarea se comienza con otra tarea y así sucesivamente. Por ejemplo, en el caso de 4 tareas, las ejecuciones de todas ellas por bloques quedarían de la forma siguiente:

T1, T1, ..., T1; T2, T2, ..., T2; T3, T3, ..., T3; T4, T4, ..., T4

Como el EEG tiene variaciones en el tiempo si ocurren cambios en el nivel de vigilia, esta presentación puede traer como consecuencia que las diferencias entre las tareas estén contaminadas por diferencias en el nivel de alertamiento. Para eliminar el error asociado a este paradigma, se ha utilizado un procedimiento en bloques con el orden de presentación contrabalanceado, y aunque éste resuelve el problema a nivel de una muestra, no lo resuelve de forma individual; así, las diferencias entre tareas que pudiéramos encontrar en un individuo pueden ser debidas a sus niveles de atención y no a las tareas en sí mismas.

Klimesch y cols. (1990) hicieron un estudio en donde compararon la activación cerebral durante dos paradigmas experimentales, uno en bloques y otro aleatorio, que se diferenciaban sólo en su modo de presentación, pues en ambos se aplicaban las mismas tareas a los mismos individuos; encontraron que durante la presentación aleatoria había mayor atenuación de la potencia comprendida entre 6 y 10 Hz de frecuencia; esta atenuación sugiere una mayor activación durante el paradigma aleatorio.

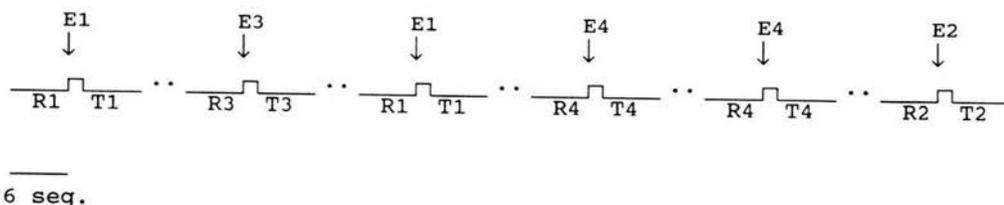
Por esta razón y por el hecho de que no sólo nos interesaba

explorar la diferencia entre tareas en el grupo, sino también de manera individual, consideramos que el mejor paradigma es el que se usa en el registro de los Potenciales Relacionados a Eventos, en el cual la presentación se hace en forma aleatoria. Por ejemplo, en el caso de nuestras 4 tareas, la primera secuencia fue la siguiente:

T1, T3, T1, T4, T4, T2, T1, T2, T3, T4, T1, T3, T3, T2, T4,...

Debe notarse que en cada uno de los sujetos la ejecución de las distintas tareas no estuvo afectada por diferentes niveles de alertamiento, pues aún en el caso en que éste hubiera variado a lo largo del experimento, las diferencias en el alertamiento habrían quedado uniformemente distribuidas en cada tarea. Por lo tanto, en el análisis individual este efecto está descartado, lo que no habría ocurrido de haber usado un paradigma en bloques, aunque fuera contrabalanceado.

Si consideramos que siempre hubo 6 segundos de reposo con ojos abiertos previos a la ejecución de una tarea, el paradigma experimental quedó en la siguiente forma:



en donde E_i es el i -ésimo estímulo asociado a la i -ésima tarea (T_i) y R_i es el reposo previo a la tarea T_i ($i=1,2,3,4$).

EDICION DEL EEG:

En primer lugar hicimos una inspección visual de los registros de EEG para cerciorarnos de que no hubiera anomalías, pues es sabido que en la población normal hay entre un 8 y un 15% de individuos cuyo EEG es patológico (Chatrian, 1974). En este proceso se eliminó a uno de los sujetos de la muestra, de modo que nos quedamos con una muestra de tamaño $n=24$.

En segundo lugar rechazamos todos los segmentos de EEG que correspondían a respuestas incorrectas, pues se ha reportado que existen diferencias electroencefalográficas entre respuestas correctas e incorrectas de la misma tarea aplicada a un mismo individuo (Glass, 1964). No incluimos en esta tesis esta comparación porque aunque hubo bastantes respuestas erróneas en varios sujetos, la mayoría de los segmentos de EEG asociados a ellas tenían gran cantidad de artefactos, hecho que también reportaron Davidson y cols. (1990) en otro estudio con tareas mentales.

Como nuestro objetivo es analizar el comportamiento de la P.A. y de la P.R., que son parámetros derivados del Análisis de Frecuencias del EEG, tenemos que cumplir con el requerimiento estadístico de que nuestra señal sea estacionaria (Basar, 1980). Para garantizar esta estacionaridad, debemos considerar varios segmentos que sumen al menos 15 segundos (John y cols. 1983); como en nuestro caso cada segmento tiene 2.56 segundos, necesitamos recoger en cada tarea un mínimo de 6 segmentos sin error en la respuesta y sin artefactos en ninguna de las 19 derivaciones. Por este motivo tuvimos que eliminar a otro sujeto de la muestra

ya que en ninguna de las tareas fue posible recoger 6 segmentos con estas características, de modo que nos quedamos con una muestra de tamaño $n=23$. Los segmentos seleccionados estuvieron lo más próximos posible a los pulsos, tanto en las tareas como en los estados de reposo.

De estos 23 sujetos solamente 10 satisficieron las condiciones requeridas en las cuatro condiciones de tarea y en las cuatro de reposo, pero una muestra de tamaño $n=10$ es muy pequeña; por lo tanto preferimos utilizar $n=23$ con datos faltantes aunque el tratamiento estadístico no pueda ser tan potente. En la tabla I se muestra la distribución de las tareas incluidas en el estudio para cada uno de los 23 individuos. Se encuentran marcados con una cruz (X) los datos que se excluyeron por no cumplir con los requisitos señalados antes.

PARAMETROS DERIVADOS DEL ANALISIS DE FRECUENCIAS DEL EEG:

Los parámetros incluidos en este estudio fueron la P.A. y la P.R. en 4 bandas de frecuencia: δ (0.5-3.5 Hz), θ (3.5-7.5 Hz), α (7.5-12.5 Hz) y β (12.5-19 Hz) (Harmony y cols., 1990).

Tomando en cuenta que para cada individuo se tienen -a lo sumo- 8 condiciones de registro (T1, T2, T3, T4, R1, R2, R3 y R4) y que durante cada condición se registró en 19 derivaciones, se tiene un total de 152 EEG para cada sujeto. Si además se considera que en cada EEG analizamos 4 bandas; entonces se tiene un total de 608 medidas de P.A. y 608 de P.R. para cada individuo sin datos faltantes.

Para cada derivación y cada banda se nombró a las variables de la forma siguiente:

TABLA I
DISTRIBUCION DE TAREAS INCLUIDAS EN EL ESTUDIO POR SUJETO

IDENTIFICACION	TAREA1	TAREA2	TAREA3	TAREA4
01				
02				X
03			FR	X
04				X
05		FR		
06				X
07				
08	X			
09				
10		X	FR	
11	X			
13		X		
14				
15				
16				
17				
18				
20				
21	X			
22				
23		X		
24		X		
25		X		
TOTAL	20	17	21	19

X: dato excluido por ser imposible seleccionar 6 segmentos sin artefactos y sin error en la respuesta.

FR: dato excluido por estar fuera del rango (out layer)

PAT_i: P.A. en la i-ésima tarea.
PAR_i: P.A. en el i-ésimo reposo.
PRT_i: P.R. en la i-ésima tarea.
PRR_i: P.R. en el i-ésimo reposo.

Estas variables no se distribuyen normalmente, por lo tanto es necesario utilizar transformaciones de ellas. Las siguientes son las que se usan comúnmente y han demostrado ser eficaces (John y cols., 1980; Gasser y cols., 1982; Pollock y cols., 1990):

$\ln(\text{PAT}_i)$ y $\ln(\text{PAR}_i)$ para las variables de P.A. y
 $\text{logit}(\text{PRT}_i)$ y $\text{logit}(\text{PRR}_i)$ para las variables de P.R.

donde

$$\text{logit}(x) = \ln(x/(1-x)).$$

Las transformaciones anteriores son funciones monótonas crecientes, por lo tanto la relación entre ellas y las variables originales es directa; es decir, si obtenemos como resultado que una de estas funciones aumenta -o disminuye- es equivalente a que aumente -o disminuya- la variable original correspondiente.

ANÁLISIS DE LOS DATOS:

Al hacer la inspección visual de los histogramas de las P.A. de los individuos, se eliminaron los datos muy dispersos de algunas tareas en algunos sujetos; sin embargo la muestra siguió siendo de tamaño $n=23$. En la tabla I se señalan con las iniciales FR los datos excluidos por estar fuera de rango ("out layer").

Se hizo un análisis cualitativo de cada uno de los sujetos. Para ello se obtuvo el espectro de potencias y el mapa de P.A. de cada individuo en cada una de las 8 condiciones experimentales en las que se pudo hacer el análisis de frecuencias del EEG. Primero se consideró cada individuo y se compararon entre sí sus tareas,

sus reposos y cada tarea con su reposo correspondiente. Después se fijó una condición experimental y se compararon los espectros y los mapas de todos los sujetos en esa condición. En el primer caso se hizo para todos los sujetos y en el segundo para todas las condiciones.

El análisis cuantitativo de la P.A. y de la P.R. se dividió en dos partes de acuerdo a las variables estudiadas y además se analizaron las variables conductuales:

I.- ANALISIS EXPLORATORIO INICIAL DE LAS VARIABLES P.A. Y P.R. NORMALIZADAS:

Se exploró si existían diferencias entre las 8 condiciones, aunque la proporción entre sujetos y variables no era la más idónea; por ello y pensando en que pudiera haber diferencias pequeñas que fueran encubiertas por otras mayores, se exploró también si existían, de manera independiente, diferencias entre los reposos o entre las tareas; por último se analizaron las diferencias entre cada tarea y su reposo correspondiente.

Tanto para las medidas transformadas de P.A. como para las de P.R. en cada derivación y en cada banda, se hicieron los siguientes análisis univariados:

I.1.- ANOVA de un factor entre las 8 condiciones, donde las hipótesis nulas generales fueron:

$$H_0: \ln(PAT1) = \dots = \ln(PAT4) = \ln(PAR1) = \dots = \ln(PAR4)$$

$$H_0: \text{logit}(PRT1) = \dots = \text{logit}(PRT4) = \text{logit}(PRR1) = \dots = \text{logit}(PRR4)$$

I.2.- ANOVA de un factor entre los 4 reposos

$$H_0: \ln(PAR1) = \dots = \ln(PAR4)$$

$$H_0: \text{logit}(PRR1) = \dots = \text{logit}(PRR4)$$

I.3.- ANOVA de un factor entre las 4 tareas

$$H_0: \ln(\text{PAT1}) = \dots = \ln(\text{PAT4})$$

$$H_0: \text{logit}(\text{PRT1}) = \dots = \text{logit}(\text{PRT4})$$

Cuando hubo diferencias significativas, éstas se analizaron utilizando los métodos de Duncan y Tukey.

I.4.- T-APAREADA DE CADA TAREA Y SU REPOSO CORRESPONDIENTE

$$H_0: \ln(\text{PAT1}) - \ln(\text{PAR1}) = 0$$

$$H_0: \ln(\text{PAT2}) - \ln(\text{PAR2}) = 0$$

$$H_0: \ln(\text{PAT3}) - \ln(\text{PAR3}) = 0$$

$$H_0: \ln(\text{PAT4}) - \ln(\text{PAR4}) = 0$$

$$H_0: \text{logit}(\text{PRT1}) - \text{logit}(\text{PRR1}) = 0$$

$$H_0: \text{logit}(\text{PRT2}) - \text{logit}(\text{PRR2}) = 0$$

$$H_0: \text{logit}(\text{PRT3}) - \text{logit}(\text{PRR3}) = 0$$

$$H_0: \text{logit}(\text{PRT4}) - \text{logit}(\text{PRR4}) = 0$$

II.- ANALISIS ESTADISTICO USANDO NUEVAS VARIABLES

Proponemos el uso de nuevas variables para analizar nuestros datos. Estas son:

$$V_i = \ln(\text{PAT}_i) - \ln(\text{PAR}_i)$$

$$W_i = \text{logit}(\text{PRT}_i) - \text{logit}(\text{PRR}_i)$$

Estas variables están reflejando sólo los cambios que hubo al pasar del reposo i-ésimo a la tarea i-ésima en cada individuo, eliminando su actividad de base, y esto es precisamente lo que a nosotros nos interesa analizar.

En el caso de la P.A. estas nuevas variables tienen otra ventaja, y es que con ellas queda eliminado un factor de escala multiplicativo que está asociado a la P.A. y es constante para un

mismo individuo (Valdés y cols. 1992). Este factor multiplicativo es además responsable de gran parte de la variabilidad interindividual, por lo que al anularlo estamos disminuyendo dicha variabilidad. A continuación se demuestra como queda anulado este factor al calcular esta nueva variable.

Supongamos que $PAT_i = F * T_i$ y $PAR_i = F * R_i$ son la P.A. durante una tarea y durante el reposo asociado a ella para un sujeto (F es el factor de escala y T_i y R_i son las partes de las potencias que no incluyen a este factor, en la tarea y en el reposo respectivamente). Entonces:

$$\begin{aligned} V_i &= \ln(PAT_i) - \ln(PAR_i) = \ln (PAT_i/PAR_i) = \ln (F * T_i / F * R_i) \\ &= \ln (T_i/R_i) \\ &= \ln(T_i) - \ln(R_i) \end{aligned}$$

Queremos hacer hincapié en el alcance de esta nueva variable, pues puede ocurrir en un caso extremo que para dos individuos sean diferentes las P.A. en una tarea y que el cambio de reposo a dicha tarea sea el mismo. Veamos el siguiente ejemplo:

Sean:

$PAT_i = F_1 * T_i$ y $PAR_i = F_1 * R_i$ los valores de P.A. para el sujeto 1

$PAT_i = F_2 * T_i$ y $PAR_i = F_2 * R_i$ los valores de P.A. para el sujeto 2

Calculando V_i en ambos sujetos, tenemos que:

Para el sujeto 1

$$\begin{aligned} V_i &= \ln(PAT_i) - \ln(PAR_i) = \ln(F_1 * T_i / F_1 * R_i) \\ &= \ln(T_i/R_i) \\ &= \ln(T_i) - \ln(R_i) \end{aligned}$$

y para el sujeto 2

$$\begin{aligned} V_i &= \ln(PAT_i) - \ln(PAR_i) = \ln(F2 \cdot T_i / F2 \cdot R_i) \\ &= \ln(T_i / R_i) \\ &= \ln(T_i) - \ln(R_i) \end{aligned}$$

Una vez eliminados los factores de escala, la variable V_i toma en ambos sujetos el mismo valor. Este es un caso extremo que consideramos muy improbable que ocurra, pero sí pudiera ocurrir que la variable V_i tuviera valores aproximadamente iguales en ambos sujetos para efectos de la estadística.

Utilizando estas variables se exploró si había diferencias entre tareas y se buscaron parámetros que fueran combinaciones lineales de ellas y redujeran el número de variables que explicarían los cambios y las diferencias en caso de existir.

II.1.- ANOVA de un factor entre las 4 tareas

Para cada derivación y cada banda se consideraron las siguientes hipótesis nulas:

$$H_0: V_1 = V_2 = V_3 = V_4$$

$$H_0: W_1 = W_2 = W_3 = W_4$$

Las diferencias encontradas se analizaron por los métodos de Duncan y de Tukey.

II.2.- ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (A.C.P.)

Para cada banda se hizo un A.C.P. (Mardia y cols., 1979; Gasser, 1988) que incluía a las 19 variables correspondientes a las derivaciones; esto se hizo tanto para V_i como para W_i ; con ello se esperaba reducir la dimensión del espacio vectorial formado por las 19 variables y en este nuevo espacio explorar la

composición de los nuevos factores (componentes principales). El A.C.P. por banda está justificado por el hecho de que el origen de los distintos ritmos del EEG es diferente (Steriade y cols., 1990); esto sugiere que cada banda refleja un proceso electrofisiológico diferente.

Se hizo el A.C.P. a partir de la matriz de covarianzas, en donde se manifiesta la magnitud de las variables, y a partir de la matriz de correlaciones en donde esto no ocurre. El criterio usado en la retención de factores fue que explicaran el 90% de la varianza. En ambos métodos se hizo una rotación VARIMAX.

II.2.1.- Tanto para la P.A. como para la P.R., en cada banda se hizo un análisis de la distribución espacial de los factores que explicaban mayor cantidad de varianza, es decir, se exploró qué derivaciones estaban más representadas en ellos.

II.2.2.- MANOVA y ANOVA (1 factor) de los valores que tenían en cada sujeto los factores ("factor scores") para ver si existían diferencias entre tareas. En caso de existir se usaron los métodos de Duncan y Tukey para ver entre cuáles tareas se establecían dichas diferencias. Se hizo un análisis muy cuidadoso de la distribución espacial de estos factores que producían diferencias significativas entre tareas.

III.- ANALISIS DE VARIABLES CONDUCTUALES:

III.1.- Análisis del reporte de los sujetos sobre el grado de dificultad de las tareas.

III.2.- ANOVA de un factor entre tareas del porcentaje de respuestas correctas.

Independientemente de los segmentos de EEG recogidos, en cada una de las tareas se calculó el valor de la variable "porcentaje de respuestas correctas" para cada sujeto. Después se hizo un ANOVA entre tareas para cada derivación.

RESULTADOS

Al hacer el análisis cualitativo de los espectros de potencia y de los mapas de la P.A. en cada sujeto durante las 8 condiciones, se observó que en casi todos los individuos había un aumento de actividad lenta y una disminución de α durante las tareas en relación a la actividad basal de reposo (figura 1).

En general no se encontraron diferencias entre las condiciones de reposo y aunque sí se encontraron diferencias entre las tareas, sobre todo en el rango de frecuencias δ , éstas no fueron las mismas para todos los individuos, por lo que nos resulta imposible generalizar. A manera de ilustración, en las figuras 2 y 3 se muestran los mapas de dos sujetos durante la realización de las 4 tareas. Puede verse que el sujeto 22 tiene mayor P.A. δ en la tarea T1, mientras que el sujeto 7 tiene más δ en la tarea T4; además, la distribución de la actividad δ es diferente: en el sujeto 22 es predominantemente posterior y en el sujeto 7 es anterior. Este es sólo un ejemplo a manera de ilustración, pero es un hecho que las diferencias interindividuales fueron muy grandes, al punto de no poder constituir grupos de sujetos en base a los cambios que presentaba su actividad eléctrica cerebral en las distintas tareas.

También se compararon mediante inspección visual los espectros y los mapas de todos los sujetos en cada una de las 8 condiciones. Aquí se reflejaron en forma dramática las diferencias

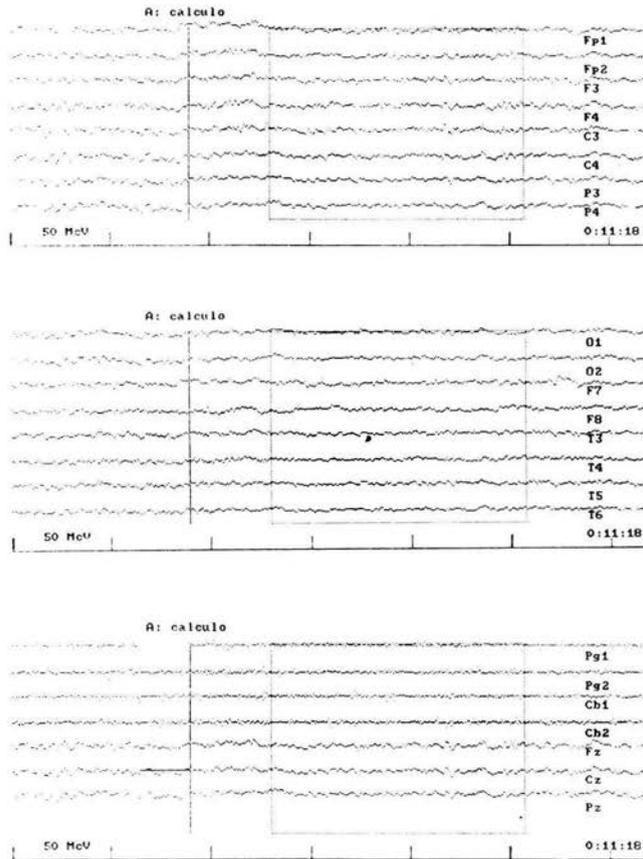


FIGURA 1: EEG registrado en las 19 derivaciones monopolares del Sistema Internacional 10-20. Pg1, Pg2, Cb1 y Cb2 son los canales en donde se introdujo un pulso al inicio de la presentación del estímulo correspondiente a las tareas T1, T2, T3 y T4 respectivamente. El cursor indica el momento en el que terminaba este pulso y a partir del cual se seleccionaba un segmento de 2.56 seg. en esa misma pantalla. El rectángulo de líneas punteadas marca el segmento seleccionado para el análisis. Es posible observar que antes de la presentación del estímulo, el sujeto tenía α como actividad predominante en regiones posteriores, y que a partir del momento en que se presenta el estímulo, desaparece el ritmo α y el trazado se aplatina, pudiéndose observar tanto ritmo β como algunas ondas dentro de la frecuencia δ . En el EEG de este sujeto se pueden observar pequeños artefactos producidos por movimientos oculares al inicio de la presentación del estímulo.

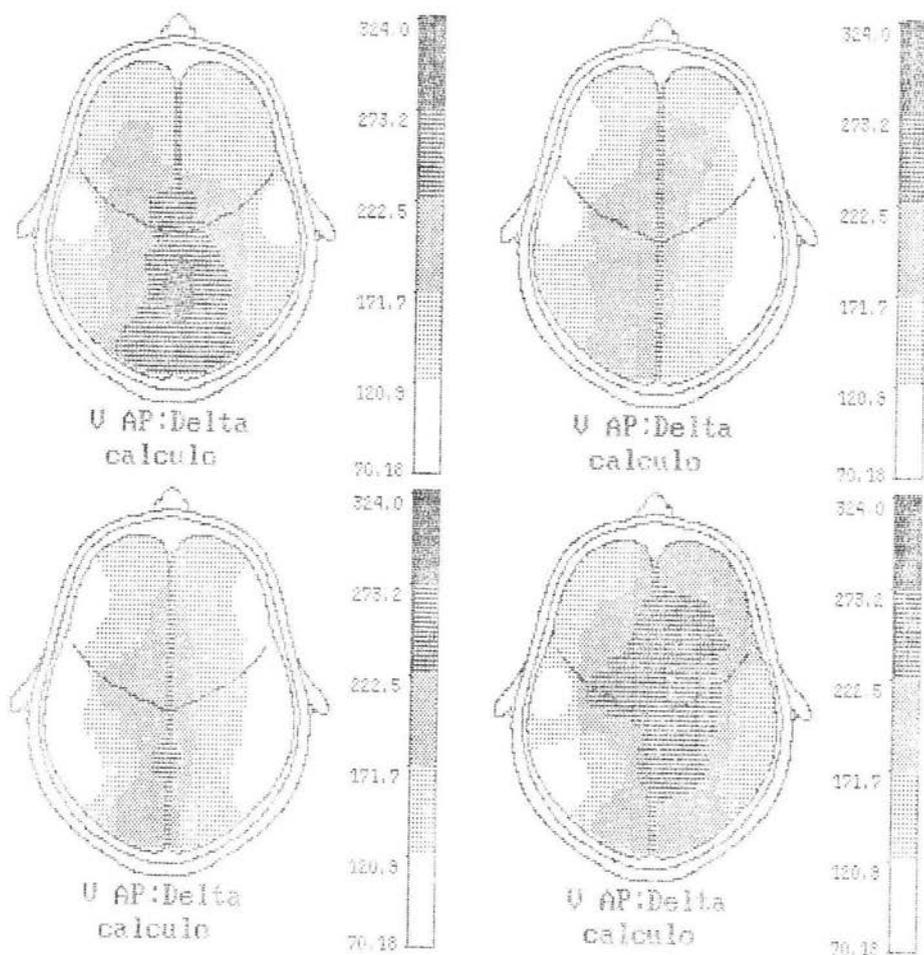


FIGURA 2: Los mapas representan la P.A. δ del sujeto 22 durante las tareas de cálculo: T1 (arriba a la izquierda), T2 (arriba a la derecha), T3 (abajo a la izquierda) y T4 (abajo a la derecha). La P.A. δ máxima se localiza en Pz durante la tarea T1. Excepto en la tarea T4, en la cual hay gran cantidad de δ en regiones frontales, la actividad δ es predominantemente posterior. Los menores valores de P.A. δ están localizados en regiones temporales.

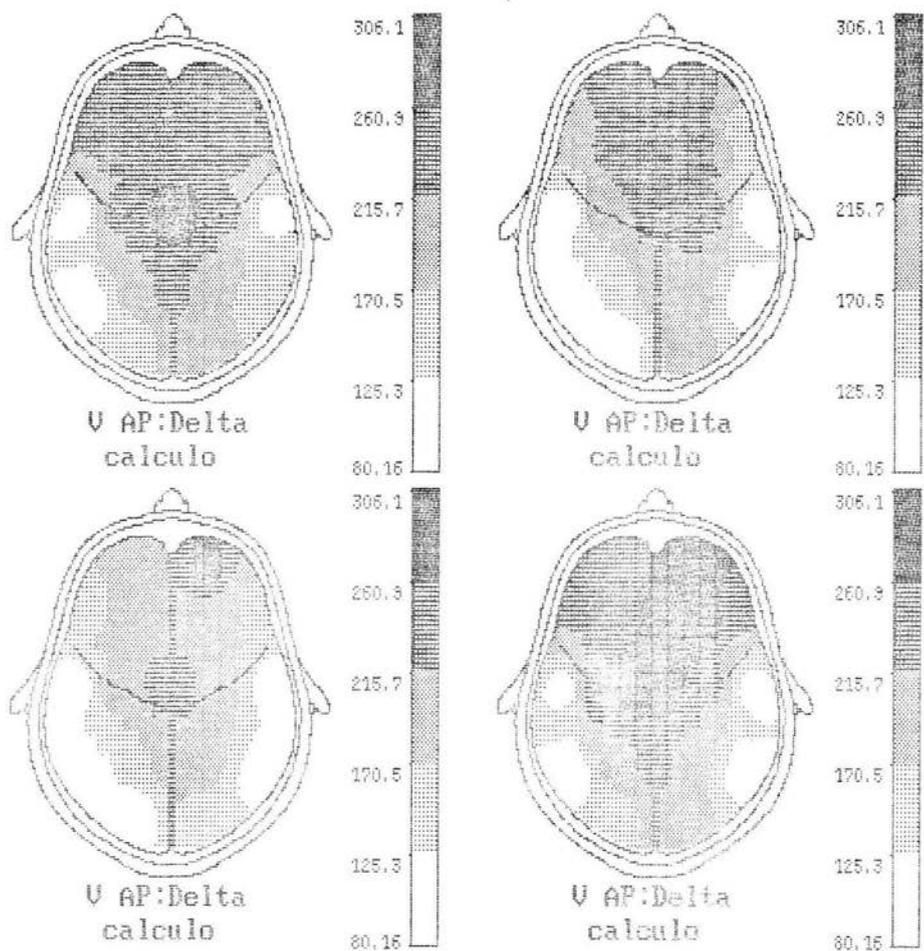


FIGURA 3: Los mapas representan la P.A. δ del sujeto 7 durante las tareas de cálculo: T1 (arriba a la izquierda), T2 (arriba a la derecha), T3 (abajo a la izquierda) y T4 (abajo a la derecha). La P.A. δ máxima está localizada en Cz durante la tarea T4. En las 4 tareas la actividad δ es predominantemente anterior. Los menores valores de P.A. δ están localizados en regiones temporales posteriores.

interindividuales a las que hicimos referencia antes.

Los resultados obtenidos al hacer el análisis estadístico de la muestra (n=23) los dividimos en tres tipos:

I.- RESULTADOS QUE OBTUVIMOS AL USAR LAS VARIABLES P.A. Y P.R. NORMALIZADAS: $\ln(\text{PATi})$, $\ln(\text{PARi})$, $\text{logit}(\text{PRTi})$ y $\text{logit}(\text{PRRi})$.

II.- RESULTADOS OBTENIDOS AL USAR LAS NUEVAS VARIABLES V_i Y W_i (definidas en la página 20).

III.- RESULTADOS DE TIPO CONDUCTUAL.

I.- RESULTADOS OBTENIDOS AL USAR LAS VARIABLES P.A. Y P.R.

I.1.- DIFERENCIAS ENTRE LAS 8 CONDICIONES:

POTENCIA ABSOLUTA: Como se muestra en la tabla II, en la banda δ hubo diferencias en todas las derivaciones excepto en P3, O1, O2 y T4; siendo las más significativas ($p < 0.0002$) las diferencias de las regiones frontales (Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8 y Fz). En la banda α hubo diferencias en todas las derivaciones excepto en Fp2, F7, F8, T3 y T4; siendo las más significativas ($p < 0.0004$) las de las regiones posteriores y de la línea media (P3, P4, O1, O2, T5, T6, Fz, Cz y Pz). Sin embargo, en la banda θ no hubo diferencias significativas para ninguna derivación y en la banda β sólo hubo diferencias ($p < 0.01$) en regiones occipitales (O1 y O2).

POTENCIA RELATIVA: En la tabla III puede observarse que en las bandas δ y α para todas las derivaciones se encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0.0005$) entre condiciones; en la banda θ sólo en O1, O2 y T6; pero en β no hubo diferencias significativas para ninguna derivación.

TABLA II
 DIFERENCIAS ENTRE LAS 8 CONDICIONES (T1, T2, T3, T4, R1, R2, R3, R4)
 ANOVA DE 1 FACTOR (CONDICION)
 POTENCIA ABSOLUTA

BANDA	DERIVACION	P	DIFERENCIAS (DUNCAN)
δ	Fp1	0.0001	T2 > R1, R3, R4, R2 T1 > R1, R3, R4, R2 T4 > R1, R3, R4, R2 T3 > R3, R4, R2
	Fp2	0.0001	T2 > R1, R3, R4, R2 T1 > R3, R4, R2 T4 > R3, R4, R2 T3 > R3, R4, R2
	F3	0.0002	T4 > R1, R3, R4, R2 T2 > R4, R2 T3 > R4, R2 T1 > R4, R2
	F4	0.0001	T4 > R1, R3, R4, R2 T2 > R1, R3, R4, R2 T3 > R4, R2 T1 > R4, R2
	C3	0.0187	T4 > R3, R4, R2
	C4	0.0017	T4 > R1, R3, R4, R2 T2 > R4, R2 T3 > R2 T1 > R2
	P4	0.0126	T4 > R4, R3, R2 T2 > R2 T1 > R2 T3 > R2
	F7	0.0001	T4 > R3, R1, R4, R2 T2 > R3, R1, R4, R2 T1 > R3, R1, R4, R2 T3 > R1, R4, R2
	F8	0.0001	T1 > R1, R3, R4, R2 T2 > R3, R4, R2 T4 > R3, R4, R2
	T3	0.0322	T1 > R2 T2 > R2
	T5	0.0033	T4 > R3, R4, R1, R2 T3 > R2 T2 > R2 T1 > R2
	T6	0.0289	T4 > R3, R2 T1 > R2 T2 > R2 T3 > R2
	Fz	0.0001	T4 > R1, R4, R3, R2 T2 > R1, R4, R3, R2 T3 > R4, R3, R2 T1 > R3, R2

continúa en la siguiente hoja

TABLA II (CONTINUACION)

BANDA	DERIVACION	P	DIFERENCIAS (DUNCAN)
δ (cont.)	Cz	0.0017	T4 > R3, R4, R2 T2 > R3, R4, R2 T3 > R4, R2 T1 > R2
	Pz	0.0441	T4 > R4, R2 T2 > R2 T3 > R2 T1 > R2
α	Fp1	0.0402	R2, R1 > T2
	F3	0.0041	R2, R4, R1 > T3 R2, R4, R1 > T4 R2, R4, R1 > T1 R2, R4, R1, R3 > T2
	F4	0.0029	R2, R1 > T1 R2, R1 > T3 R2, R1, R4 > T4 R2, R1, R4, R3 > T2
	C3	0.0287	R1 > T4 R1 > T2
	C4	0.0031	R1, R2, R4, R3 > T3 R1, R2, R4, R3 > T1 R1, R2, R4, R3 > T4 R1, R2, R4, R3 > T2
	P3	0.0001	R1, R4, R3, R2 > T3 R1, R4, R3, R2 > T1 R1, R4, R3, R2 > T4 R1, R4, R3, R2 > T2
	P4	0.0001	R1, R4, R3, R2 > T3 R1, R4, R3, R2 > T1 R1, R4, R3, R2 > T4 R1, R4, R3, R2 > T2
	O1	0.0001	R1, R3, R4, R2 > T3 R1, R3, R4, R2 > T1 R1, R3, R4, R2 > T2 R1, R3, R4, R2 > T4
	O2	0.0001	R1, R3, R4, R2 > T3 R1, R3, R4, R2 > T1 R1, R3, R4, R2 > T2 R1, R3, R4, R2 > T4
	T5	0.0001	R3, R2, R4, R1 > T3 R3, R2, R4, R1 > T4 R3, R2, R4, R1 > T1 R3, R2, R4, R1 > T2
	T6	0.0001	R1, R3, R2, R4 > T3 R1, R3, R2, R4 > T1 R1, R3, R2, R4 > T2 R1, R3, R2, R4 > T4
	Fz	0.0004	R1, R2, R4, R3 > T1 R1, R2, R4, R3 > T3 R1, R2, R4, R3 > T4 R1, R2, R4, R3 > T2

continúa en la siguiente hoja

TABLA II (CONTINUACION)

BANDA	DERIVACION	P	DIFERENCIAS (DUNCAN)
α (cont.)	Cz	0.0003	R1, R4, R2, R3 > T3 R1, R4, R2, R3 > T1 R1, R4, R2, R3 > T4 R1, R4, R2, R3 > T2
	Pz	0.0001	R1, R4, R3, R2 > T3 R1, R4, R3, R2 > T1 R1, R4, R3, R2 > T4 R1, R4, R3, R2 > T2
β	O1	0.0078	R3, R4, R1 > T3 R3, R4, R1 > T4
	O2	0.0022	R4, R3, R1 > T1 R4, R3, R1 > T2 R4, R3, R1 > T3 R4, R3, R1, R2 > T4

TABLA III
 DIFERENCIAS ENTRE LAS 8 CONDICIONES (T1, T2, T3, T4, R1, R2, R3, R4)
 ANOVA DE 1 FACTOR
 POTENCIA RELATIVA

BANDA	DERIVACION	P	DIFERENCIAS (DUNCAN)
δ	Fp1	0.0001	T2, T4, T1, T3 > R1, R3, R4, R2
	Fp2	0.0001	T2, T4, T1, T3 > R1, R3, R4, R2
	F3	0.0001	T4, T2, T1, T3 > R3, R1, R4, R2
	F4	0.0001	T4, T3, T2, T1 > R3, R1, R4, R2
	C3	0.0001	T4, T2, T1, T3 > R1, R2, R3, R4
	C4	0.0001	T4, T2, T3, T1 > R3, R1, R4, R2
	P3	0.0001	T4, T2, T1, T3 > R1, R4, R3, R2
	P4	0.0001	T4, T2, T1, T3 > R4, R3, R1, R2
	O1	0.0001	T4, T2, T1, T3 > R4, R2, R1, R3
	O2	0.0001	T4, T2, T1, T3 > R4, R1, R2, R3
	F7	0.0001	T4, T2, T1, T3 > R3, R1, R4, R2
	F8	0.0001	T2, T4, T1, T3 > R3, R1, R4, R2
	T3	0.0001	T2, T1, T4, T3 > R1, R2, R3, R4
	T4	0.0001	T4 > R3, R1, R4, R2 T1, T2 > R4, R2 T3 > R2
	T5	0.0001	T4, T2, T1, T3 > R1, R4, R3, R2
	T6	0.0001	T4, T1, T2, T3 > R4, R1, R3, R2
	Fz	0.0001	T2, T4, T3, T1 > R1, R3, R4, R2
Cz	0.0001	T2, T4, T3, T1 > R1, R3, R2, R4	
Pz	0.0001	T4, T2, T1, T3 > R3, R2, R1, R4	
θ	O1	0.0001	T4, T3, T1, T2 > R2, R1, R3, R4
	O2	0.0001	T1, T4, T3, T2 > R2, R4, R1, R3
	T6	0.0114	T3 > R2
α	Fp1	0.0001	R2, R4, R1, R3 > T3, T4, T1, T2
	Fp2	0.0001	R2, R4, R1, R3 > T4, T3, T1, T2
	F3	0.0001	R2, R4, R1, R3 > T1, T3, T4, T2
	F4	0.0001	R2, R1, R4, R3 > T1, T3, T4, T2
	C3	0.0001	R4, R1, R2, R3 > T3, T1, T2, T4
	C4	0.0001	R2, R4, R1, R3 > T3, T1, T2, T4
	P3	0.0001	R4, R3, R2, R1 > T3, T1, T2, T4
	P4	0.0001	R2, R3, R1, R4 > T3, T1, T2, T4

continúa en la siguiente hoja

TABLA III (CONTINUACION)

BANDA	DERIVACION	P	DIFERENCIAS (DUNCAN)
α (cont.)	O1	0.0001	R3, R1, R4, R2 > T3, T1, T2, T4
	O2	0.0001	R3, R1, R2, R4 > T3, T2, T1, T4
	F7	0.0001	R2, R1, R4, R3 > T3, T1, T2, T4
	F8	0.0001	R2, R4, R1, R3 > T3, T1, T4, T2
	T3	0.0005	R1, R4, R3, R2 > T3, T1, T4, T2
	T4	0.0001	R1, R2, R4 > T3, T1 R1, R2, R4, R3 > T2, T4
	T5	0.0001	R2, R3, R1, R4 > T1, T3, T2, T4
	T6	0.0001	R2, R3, R1, R4 > T3, T2, T1, T4
	Fz	0.0001	R2, R4, R3, R1 > T1, T3, T4, T2
	Cz	0.0001	R2, R4, R1, R3 > T1, T3, T2, T4
	Pz	0.0001	R4, R1, R2, R3 > T3, T1, T2, T4

Tanto en la P.A. como en la P.R. los valores en la banda δ fueron mayores en la tarea que en el reposo y los valores en la banda α fueron menores. En la P.A, donde hubo diferencias en algunas derivaciones de la banda β , los valores fueron menores durante la tarea y en la P.R., donde hubo diferencias en la banda θ , éstas fueron como en δ : mayores valores durante la tarea que durante el reposo.

Debe notarse que al usar la P.R. hubo más derivaciones para las cuales existían diferencias significativas que al usar la P.A. y que estas diferencias eran más relevantes.

I.2.- DIFERENCIAS ENTRE LAS 4 CONDICIONES DE REPOSO:

No hubo diferencias significativas para ninguna variable, ni de P.A. ni de P.R.

I.3.- DIFERENCIAS ENTRE LAS 4 TAREAS:

No se observaron diferencias entre tareas ni para las medidas de P.A. ni para las de P.R. Sin embargo, si tomamos en cuenta la gran variabilidad interindividual, puede explicarse que en promedio no se revelen las diferencias entre tareas que existen para sujetos particulares.

El no haber encontrado diferencias entre las distintas condiciones de reposo puede explicarse en forma análoga, pero no hay razones para suponer que entre los reposos existan diferencias.

I.4.- DIFERENCIAS ENTRE CADA TAREA Y SU REPOSO CORRESPONDIENTE:

Los resultados de estas t-apareadas se muestran en las

tablas IV, V, VI y VII para la P.A. y en las tablas VIII, IX, X y XI para la P.R. Cuando hubo diferencias estadísticamente significativas, se escribió en la casilla correspondiente el nivel de significancia y se señaló con una flecha si la potencia fue mayor (\uparrow) o menor (\downarrow) en la tarea que en el reposo.

POTENCIA ABSOLUTA:

La P.A. δ aumentó significativamente durante las 4 tareas con respecto a su estado de reposo previo en casi todas las derivaciones (a excepción de C3, P3, P4, Cz y Pz durante la tarea T1 y de O2 durante la tarea T3).

La P.A. θ sólo presentó cambios significativos al pasar del reposo R1 a la tarea T1 en las derivaciones Fp1, Fp2, C3, P3, P4, F7, F8 y Pz -con aumento en regiones frontales y disminución en central izquierdo y parietales- y al pasar del reposo R3 a la tarea T3 en Fp2, donde hubo un aumento significativo. No hubo diferencias significativas en las tareas T2 y T4 con respecto a sus reposos correspondientes.

La P.A. α disminuyó significativamente durante las tareas con respecto al estado de reposo correspondiente para casi todas las derivaciones (a excepción de F8 durante la tarea T4).

La P.A. β casi siempre disminuyó en forma significativa durante las tareas en relación al reposo (excepto en Fp1, Fp2, F7 y F8 en donde hubo una tendencia a aumentar).

POTENCIA RELATIVA:

La P.R. δ tuvo un aumento muy significativo al pasar de cualquiera de los estados de reposo a la tarea correspondiente en todas las derivaciones.

TABLA IV
 DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE LA TAREA T1 Y EL REPOSO R1
 t-APAREADA
 POTENCIA ABSOLUTA

DERIVACION	BANDAS DE FRECUENCIA			
	δ	θ	α	β
FP1	↑ 0.0001	↑ 0.0354	↓ 0.0011	↑ 0.0009
FP2	↑ 0.0002	↑ 0.0041	↓ 0.0008	↑ 0.0034
F3	↑ 0.0003		↓ 0.0001	
F4	↑ 0.0083		↓ 0.0002	
C3		↓ 0.0189	↓ 0.0001	↓ 0.0006
C4	↑ 0.0318		↓ 0.0001	↓ 0.0092
P3		↓ 0.0117	↓ 0.0001	↓ 0.0001
P4		↓ 0.0394	↓ 0.0001	↓ 0.0007
O1	↑ 0.0320		↓ 0.0001	↓ 0.0002
O2	↑ 0.0142		↓ 0.0001	↓ 0.0004
F7	↑ 0.0001	↑ 0.0006	↓ 0.0189	↑ 0.0005
F8	↑ 0.0001	↑ 0.0031	↓ 0.0232	↑ 0.0099
T3	↑ 0.0008		↓ 0.0002	
T4	↑ 0.0033		↓ 0.0002	
T5	↑ 0.0120		↓ 0.0004	↓ 0.0014
T6	↑ 0.0013		↓ 0.0001	↓ 0.0036
Fz	↑ 0.0460		↓ 0.0001	
Cz			↓ 0.0001	↓ 0.0016
Pz		↓ 0.0137	↓ 0.0001	↓ 0.0007

↑ La P.A. fue mayor durante la tarea que en el reposo.

↓ La P.A. fue menor durante la tarea que en el reposo.

TABLA V
 DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE LA TAREA T2 Y EL REPOSO R2
 t-APAREADA
 POTENCIA ABSOLUTA

DERIVACION	BANDAS DE FRECUENCIA			
	δ	θ	α	β
FP1	↑ 0.0001		↓ 0.0035	↑ 0.0128
FP2	↑ 0.0001		↓ 0.0047	↑ 0.0171
F3	↑ 0.0009		↓ 0.0009	
F4	↑ 0.0002		↓ 0.0004	
C3	↑ 0.0001		↓ 0.0042	↓ 0.0382
C4	↑ 0.0004		↓ 0.0012	
P3	↑ 0.0033		↓ 0.0001	↓ 0.0208
P4	↑ 0.0007		↓ 0.0001	↓ 0.0001
O1	↑ 0.0014		↓ 0.0001	↓ 0.0043
O2	↑ 0.0002		↓ 0.0001	↓ 0.0004
F7	↑ 0.0001		↓ 0.0166	
F8	↑ 0.0001		↓ 0.0086	
T3	↑ 0.0002		↓ 0.0235	
T4	↑ 0.0001		↓ 0.0040	
T5	↑ 0.0001		↓ 0.0003	
T6	↑ 0.0001		↓ 0.0001	↓ 0.0031
Fz	↑ 0.0012		↓ 0.0002	
Cz	↑ 0.0023		↓ 0.0003	↓ 0.0046
Pz	↑ 0.0027		↓ 0.0001	↓ 0.0113

↑ La P.A. fue mayor durante la tarea que en el reposo.

↓ La P.A. fue menor durante la tarea que en el reposo.

TABLA VI
 DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE LA TAREA T3 Y EL REPOSO R3
 t-APAREADA
 POTENCIA ABSOLUTA

DERIVACION	BANDAS DE FRECUENCIA			
	δ	θ	α	β
FP1	↑ 0.0001		↓ 0.0027	
FP2	↑ 0.0001	↑ 0.0379	↓ 0.0064	
F3	↑ 0.0001		↓ 0.0008	↓ 0.0084
F4	↑ 0.0003		↓ 0.0014	
C3	↑ 0.0027		↓ 0.0015	↓ 0.0003
C4	↑ 0.0055		↓ 0.0002	
P3	↑ 0.0170		↓ 0.0001	↓ 0.0001
P4	↑ 0.0063		↓ 0.0001	↓ 0.0007
O1	↑ 0.0239		↓ 0.0001	↓ 0.0001
O2			↓ 0.0001	↓ 0.0001
F7	↑ 0.0001		↓ 0.0032	
F8	↑ 0.0001		↓ 0.0265	↓ 0.0406
T3	↑ 0.0003		↓ 0.0049	
T4	↑ 0.0048		↓ 0.0077	
T5	↑ 0.0004		↓ 0.0001	↓ 0.0023
T6	↑ 0.0379		↓ 0.0001	↓ 0.0004
Fz	↑ 0.0001		↓ 0.0004	↓ 0.0405
Cz	↑ 0.0023		↓ 0.0001	↓ 0.0012
Pz	↑ 0.0079		↓ 0.0001	↓ 0.0001

↑ La P.A. fue mayor durante la tarea que en el reposo.

↓ La P.A. fue menor durante la tarea que en el reposo.

TABLA VII
 DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE LA TAREA T4 Y EL REPOSO R4
 t-APAREADA
 POTENCIA ABSOLUTA

DERIVACION	BANDAS DE FRECUENCIA			
	δ	θ	α	β
FP1	↑ 0.0001		↓ 0.0009	
FP2	↑ 0.0001		↓ 0.0065	
F3	↑ 0.0001		↓ 0.0001	↓ 0.0102
F4	↑ 0.0001		↓ 0.0005	
C3	↑ 0.0001		↓ 0.0001	↓ 0.0053
C4	↑ 0.0001		↓ 0.0001	↓ 0.0100
P3	↑ 0.0003		↓ 0.0001	↓ 0.0001
P4	↑ 0.0001		↓ 0.0001	↓ 0.0001
O1	↑ 0.0003		↓ 0.0001	↓ 0.0001
O2	↑ 0.0003		↓ 0.0001	↓ 0.0001
F7	↑ 0.0001		↓ 0.0127	↑ 0.0323
F8	↑ 0.0001			↑ 0.0216
T3	↑ 0.0001		↓ 0.0037	
T4	↑ 0.0001		↓ 0.0019	
T5	↑ 0.0001		↓ 0.0002	↓ 0.0003
T6	↑ 0.0001		↓ 0.0001	↓ 0.0005
Fz	↑ 0.0001		↓ 0.0001	↓ 0.0037
Cz	↑ 0.0001		↓ 0.0001	↓ 0.0001
Pz	↑ 0.0012		↓ 0.0001	↓ 0.0002

↑ La P.A. fue mayor durante la tarea que en el reposo.

↓ La P.A. fue menor durante la tarea que en el reposo.

TABLA VIII
 DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE LA TAREA T1 Y EL REPOSO R1
 t-APAREADA
 POTENCIA RELATIVA

DERIVACION	BANDAS DE FRECUENCIA			
	δ	θ	α	β
FP1	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
FP2	↑ 0.0002		↓ 0.0001	↑ 0.0410
F3	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
F4	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
C3	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
C4	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
P3	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
P4	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
O1	↑ 0.0001	↑ 0.0031	↓ 0.0001	↑ 0.0324
O2	↑ 0.0001	↑ 0.0007	↓ 0.0001	↑ 0.0372
F7	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
F8	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
T3	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
T4	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
T5	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
T6	↑ 0.0001	↑ 0.0073	↓ 0.0001	
Fz	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
Cz	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
Pz	↑ 0.0001		↓ 0.0001	

↑ La P.R. fue mayor durante la tarea que en el reposo.

↓ La P.R. fue menor durante la tarea que en el reposo.

TABLA IX
 DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE LA TAREA T2 Y EL REPOSO R2
 t-APAREADA
 POTENCIA RELATIVA

DERIVACION	BANDAS DE FRECUENCIA			
	δ	θ	α	β
FP1	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
FP2	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
F3	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
F4	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
C3	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
C4	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
P3	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
P4	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
O1	↑ 0.0001	↑ 0.0081	↓ 0.0001	
O2	↑ 0.0001	↑ 0.0093	↓ 0.0001	
F7	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
F8	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
T3	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
T4	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
T5	↑ 0.0001		↓ 0.0001	↑ 0.0399
T6	↑ 0.0001	↑ 0.0150	↓ 0.0001	
Fz	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
Cz	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
Pz	↑ 0.0001		↓ 0.0001	

↑ La P.R. fue mayor durante la tarea que en el reposo.

↓ La P.R. fue menor durante la tarea que en el reposo.

TABLA X
 DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE LA TAREA T3 Y EL REPOSO R3
 t-APAREADA
 POTENCIA RELATIVA

DERIVACION	BANDAS DE FRECUENCIA			
	δ	θ	α	β
FP1	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
FP2	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
F3	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
F4	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
C3	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
C4	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
P3	↑ 0.0001	↑ 0.0454	↓ 0.0001	
P4	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
O1	↑ 0.0001	↑ 0.0024	↓ 0.0001	
O2	↑ 0.0001	↑ 0.0005	↓ 0.0001	
F7	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
F8	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
T3	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
T4	↑ 0.0005		↓ 0.0156	
T5	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
T6	↑ 0.0001	↑ 0.0156	↓ 0.0001	
Fz	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
Cz	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
Pz	↑ 0.0001		↓ 0.0001	

↑ La P.R. fue mayor durante la tarea que en el reposo.

↓ La P.R. fue menor durante la tarea que en el reposo.

TABLA XI
 DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE LA TAREA T4 Y EL REPOSO R4
 t-APAREADA
 POTENCIA RELATIVA

DERIVACION	BANDAS DE FRECUENCIA			
	δ	θ	α	β
FP1	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
FP2	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
F3	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
F4	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
C3	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
C4	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
P3	↑ 0.0001	↑ 0.0369	↓ 0.0001	
P4	↑ 0.0001	↑ 0.0470	↓ 0.0001	
O1	↑ 0.0001	↑ 0.0006	↓ 0.0001	
O2	↑ 0.0001	↑ 0.0004	↓ 0.0001	
F7	↑ 0.0001	↓ 0.0097	↓ 0.0001	
F8	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
T3	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
T4	↑ 0.0005		↓ 0.0156	
T5	↑ 0.0001	↑ 0.0329	↓ 0.0001	
T6	↑ 0.0001	↑ 0.0372	↓ 0.0001	
Fz	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
Cz	↑ 0.0001		↓ 0.0001	
Pz	↑ 0.0001	↑ 0.0366	↓ 0.0001	

- ↑ La P.R. fue mayor durante la tarea que en el reposo.
 ↓ La P.R. fue menor durante la tarea que en el reposo.

Durante todas las tareas la P.R. θ fue significativamente mayor en O1, O2 y T6; además durante la tarea T3 hubo un aumento significativo en P3 con respecto a R3 y durante la tarea T4 hubo un aumento significativo en P3, P4, T5 y Pz y una disminución significativa en F7 en relación al reposo R4.

La P.R. α tuvo en todas las derivaciones una disminución muy significativa al pasar de un estado de reposo a la tarea que lo sucedía.

La P.R. β sólo tuvo aumentos significativos respecto al reposo durante la tarea T1 en Fp2, O1 y O2 y durante la tarea T2 en T5.

II.- RESULTADOS OBTENIDOS AL USAR LAS VARIABLES V_i Y W_i

II.1.- DIFERENCIAS ENTRE TAREAS:

POTENCIA ABSOLUTA: En la tabla XII puede verse que sólo hay diferencias entre tareas en las derivaciones frontales y centrales para la banda δ (Fp2, F3, F4, C3, C4, F7, F8, Fz y Cz) y para la banda β (Fp1, F7, F8 y Fz). Estas diferencias casi siempre se dieron en el sentido de que la P.A. δ en las tareas T2 y T4 fue mayor que en las tareas T1 y T3, y de que la P.A. β en la tarea T3 fue menor que en las otras, aunque la relación aquí no es tan clara.

En las figuras 4 y 5 se representan en el eje de las abscisas las derivaciones para las cuales hubo diferencias significativas entre tareas, y en el eje de las ordenadas la relación PAT_i/PAR_i entre cada tarea y su reposo correspondiente.

POTENCIA RELATIVA:

La tabla XIII resume las diferencias significativas encon-

TABLA XII
ANOVA POR DERIVACION
DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE TAREAS
POTENCIA ABSOLUTA

BANDA	DERIVACION	P	DIFERENCIAS (DUNCAN)
δ	FP2	0.0061	V2 > V4 V2 > V3 * V2 > V1 *
	F3	0.0428	V4 > V3 V4 > V1
	F4	0.0034	V2 > V3 V2 > V1 * V4 > V3 V4 > V1 *
	C3	0.0294	V4 > V1 *
	C4	0.0116	V2 > V3 V2 > V1 * V4 > V1
	F7	0.0171	V4 > V3 * V2 > V3 V1 > V3
	F8	0.0374	V2 > V3 * V4 > V3
	Fz	0.0197	V2 > V1 * V4 > V1 *
	Cz	0.0179	V2 > V1 V4 > V1 *
β	FP1	0.0201	V1 > V3 V1 > V4 *
	F7	0.0323	V1 > V3 *
	F8	0.0012	V1 > V3 * V4 > V3 * V2 > V3
	Fz	0.0010	V2 > V1 * V2 > V3 * V2 > V4 *

* El asterisco indica que también hay diferencia según Tukey.

POTENCIA ABSOLUTA DELTA

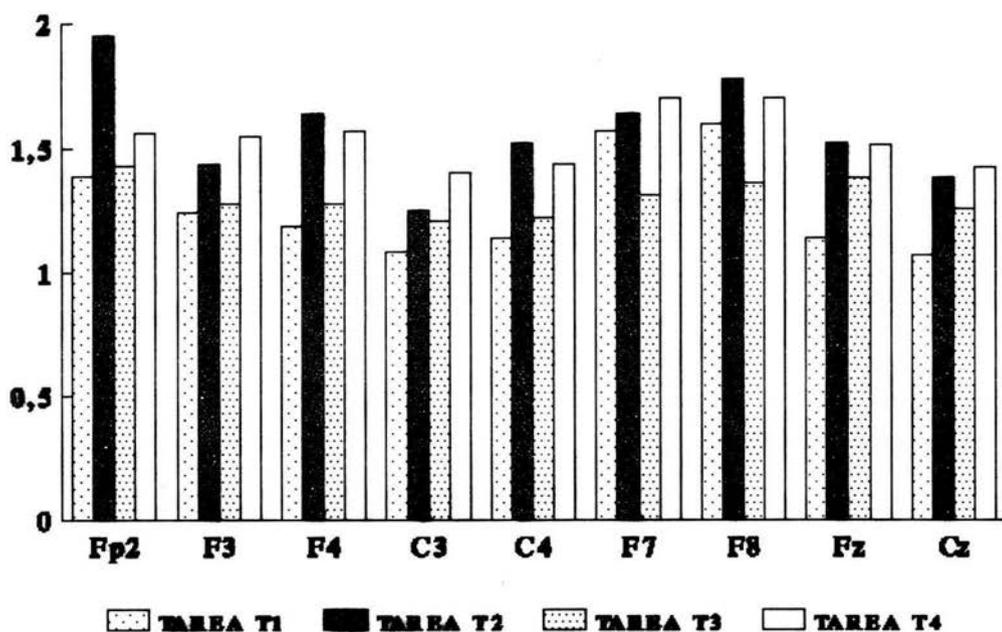


FIGURA 4: En el eje de las abscisas se representan, para la banda δ , las derivaciones en las cuales se manifestaron diferencias significativas entre tareas cuando se hizo el ANOVA de las variables V_i , y en el eje de las ordenadas se representa la relación PAT_i/PAR_i entre cada tarea y su reposo correspondiente.

POTENCIA ABSOLUTA BETA

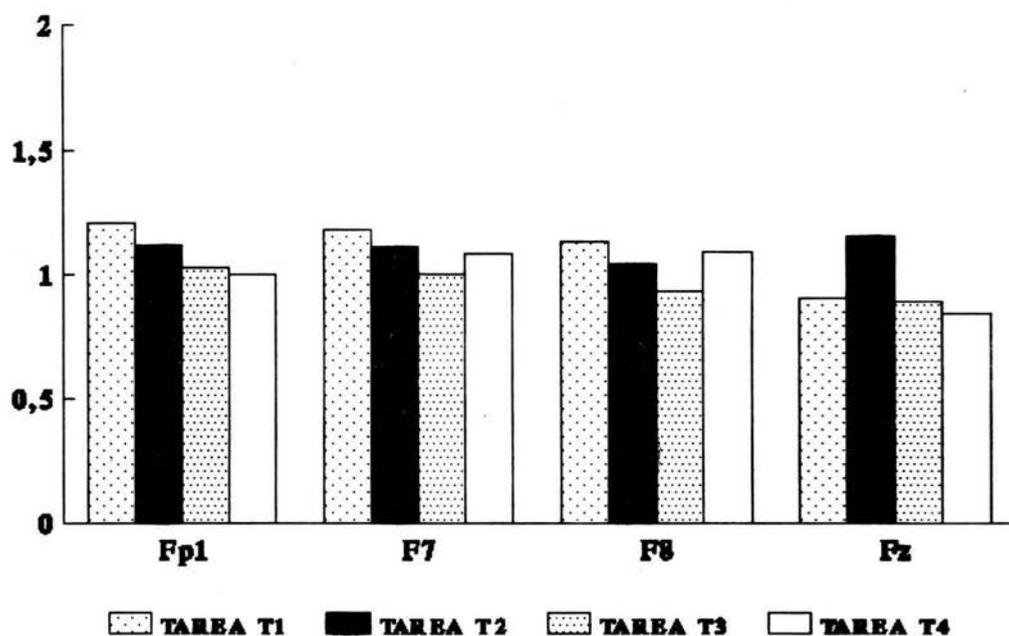


FIGURA 5: En el eje de las abscisas se representan, para la banda β , las derivaciones en las cuales se manifestaron diferencias significativas entre tareas cuando se hizo el ANOVA de las variables V_i , y en el eje de las ordenadas se representa la relación PAT_i/PAR_i entre cada tarea y su reposo correspondiente.

TABLA XIII
 ANOVAS POR DERIVACION
 DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE TAREAS
 POTENCIA RELATIVA

BANDA	DERIVACION	P	DIFERENCIAS (DUNCAN)
δ	FP1	0.0289	W2 > W3 W2 > W1 *
	FP2	0.0097	W2 > W3 * W2 > W1 *
	F4	0.0195	W2 > W3 W2 > W1 *
	F8	0.0475	W2 > W3
	T4	0.0250	W2 > W3 * W4 > W3

* El asterisco indica que también hay diferencia según Tukey.

POTENCIA RELATIVA DELTA

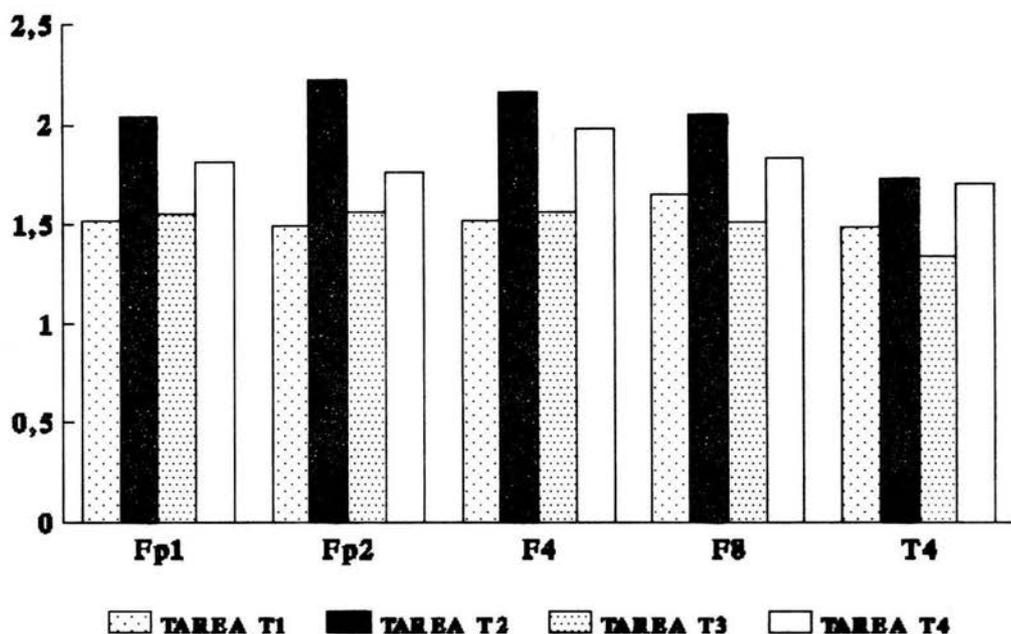


FIGURA 6: En el eje de las abscisas se representan, para la banda δ , las derivaciones en las cuales se manifestaron diferencias significativas entre tareas cuando se hizo el ANOVA de las variables W_i , y en el eje de las ordenadas se representa el valor de la variable $W_i = \text{logit}(\text{PRT}_i) - \text{logit}(\text{PRR}_i)$.

tradas entre tareas. Estas se vieron en las derivaciones Fp1, Fp2, F4, F8 y T4 de la banda δ . Al igual que en la P.A. δ , la P.R. δ fue mayor en las tareas T2 y T4 -sobre todo en T2- que en las tareas T1 y T3. La figura 6 muestra más claramente las diferencias entre las tareas para aquellas derivaciones en que fueron significativas.

II.2.- ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES:

II.2.1.- FACTORES:

POTENCIA ABSOLUTA:

Aunque el número de factores retenidos dependió del criterio de que entre todos explicaran el 90% de la varianza, la tabla XIV solamente muestra los coeficientes de los dos primeros factores para cada banda (es decir, los que explican la mayor cantidad de varianza) y el porcentaje de varianza explicado por cada uno de ellos en el caso en que se usó la matriz de covarianzas para hacer los cálculos. La tabla XV muestra lo mismo en el caso en que se usó la matriz de correlaciones. A pesar de que en el primer caso se toma en cuenta la magnitud de las medidas y en el segundo sólo importan las relaciones entre las medidas, los resultados son muy parecidos. Si nos fijamos en las derivaciones que tuvieron más peso en determinado factor al usar la matriz de covarianzas, resulta que son las de mayor peso en el mismo factor al usar la matriz de correlaciones; por ejemplo: al usar la matriz de covarianzas (tabla XIV) las derivaciones Fz, Cz, F4, C4, F3, C3, Pz y P4 (arregladas en orden decreciente) fueron las que tuvieron mayor peso en el FACTOR1 de la banda δ y al usar la

TABLA XIV
 ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES
 (MATRIZ DE COVARIANZAS)
 POTENCIA ABSOLUTA

	δ		θ		α		β	
	FACTOR1 56.26%	FACTOR2 12.78%	FACTOR1 69.27%	FACTOR2 11.08%	FACTOR1 83.18%	FACTOR2 5.01%	FACTOR1 48.01%	FACTOR2 10.97%
FP1	0.32	0.13	0.02	0.30	0.81	0.25	0.09	0.04
FP2	0.35	0.00	0.21	0.26	0.81	0.29	0.12	0.00
F3	0.66	0.20	0.25	0.67	0.77	0.50	0.09	0.15
F4	0.79	0.03	0.32	0.65	0.77	0.51	0.06	0.09
C3	0.61	0.36	0.52	0.73	0.53	0.73	0.06	0.80
C4	0.78	0.25	0.48	0.69	0.52	0.75	0.12	0.24
P3	0.45	0.70	0.80	0.49	0.49	0.50	0.48	0.75
P4	0.59	0.50	0.72	0.51	0.24	0.78	0.44	0.24
O1	0.11	0.92	0.95	0.14	0.52	0.30	0.77	0.43
O2	0.27	0.65	0.89	0.15	0.35	0.49	0.93	0.13
F7	0.08	0.12	0.21	0.19	0.74	0.38	0.19	0.13
F8	0.25	0.02	0.18	0.18	0.79	0.37	0.10	0.02
T3	0.31	0.20	0.50	0.33	0.51	0.61	-0.01	0.23
T4	0.36	0.16	0.36	0.39	0.39	0.74	0.22	0.00
T5	0.10	0.80	0.85	0.30	0.63	0.29	0.49	0.36
T6	0.26	0.42	0.80	0.25	0.36	0.52	0.81	-0.18
Fz	0.89	0.14	0.22	0.77	0.75	0.52	0.18	0.26
Cz	0.82	0.32	0.47	0.76	0.61	0.67	0.25	0.45
Pz	0.61	0.62	0.76	0.54	0.34	0.64	0.50	0.60

TABLA XV
ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES
(MATRIZ DE CORRELACIONES)
POTENCIA ABSOLUTA

	δ		θ		α		β	
	FACTOR1 55.29%	FACTOR2 12.67%	FACTOR1 66.80%	FACTOR2 10.95%	FACTOR1 82.15%	FACTOR2 5.29%	FACTOR1 43.84%	FACTOR2 11.27%
FP1	0.30	0.12	0.01	0.34	0.81	0.23	0.10	0.05
FP2	0.35	-0.01	0.22	0.27	0.81	0.26	0.14	0.03
F3	0.67	0.18	0.25	0.71	0.77	0.50	0.11	0.18
F4	0.77	0.02	0.34	0.66	0.75	0.50	0.08	0.44
C3	0.64	0.36	0.54	0.73	0.53	0.74	0.02	0.18
C4	0.80	0.22	0.50	0.68	0.50	0.74	0.13	0.77
P3	0.49	0.67	0.82	0.46	0.46	0.49	0.57	0.29
P4	0.64	0.47	0.73	0.50	0.23	0.74	0.44	0.82
O1	0.14	0.91	0.94	0.13	0.51	0.30	0.82	0.14
O2	0.28	0.60	0.88	0.16	0.37	0.47	0.91	0.19
F7	0.08	0.12	0.20	0.20	0.78	0.38	0.21	0.10
F8	0.25	0.02	0.20	0.18	0.80	0.37	0.10	0.24
T3	0.33	0.20	0.52	0.30	0.50	0.63	0.03	0.08
T4	0.38	0.15	0.37	0.39	0.36	0.74	0.18	0.23
T5	0.10	0.83	0.86	0.27	0.60	0.29	0.59	0.13
T6	0.28	0.38	0.80	0.26	0.38	0.46	0.78	0.23
Fz	0.87	0.12	0.23	0.80	0.73	0.52	0.20	0.20
Cz	0.84	0.29	0.49	0.75	0.59	0.66	0.27	0.55
Pz	0.66	0.59	0.77	0.51	0.32	0.62	0.54	0.58

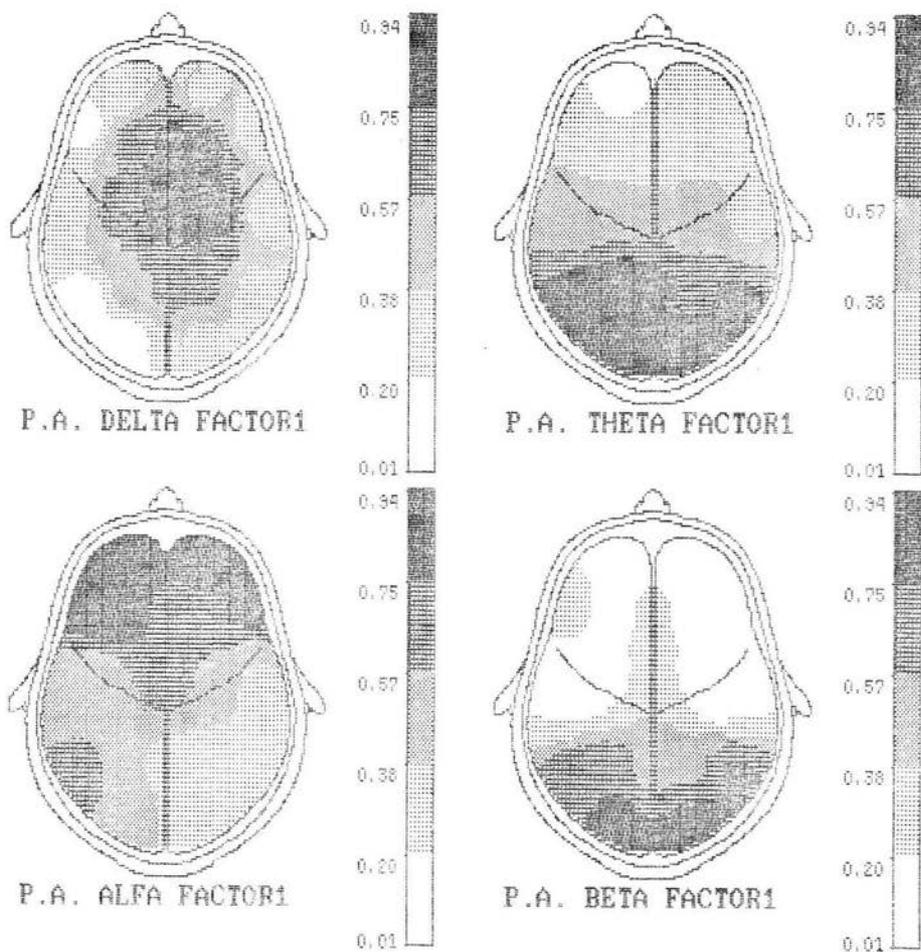


FIGURA 7: Distribución topográfica de los FACTOR1 resultantes del A.C.P. con el método de la matriz de correlaciones al usar la variable V_i en las cuatro bandas de frecuencia estudiadas. Nótese el gran peso de las derivaciones posteriores en las bandas θ y β .

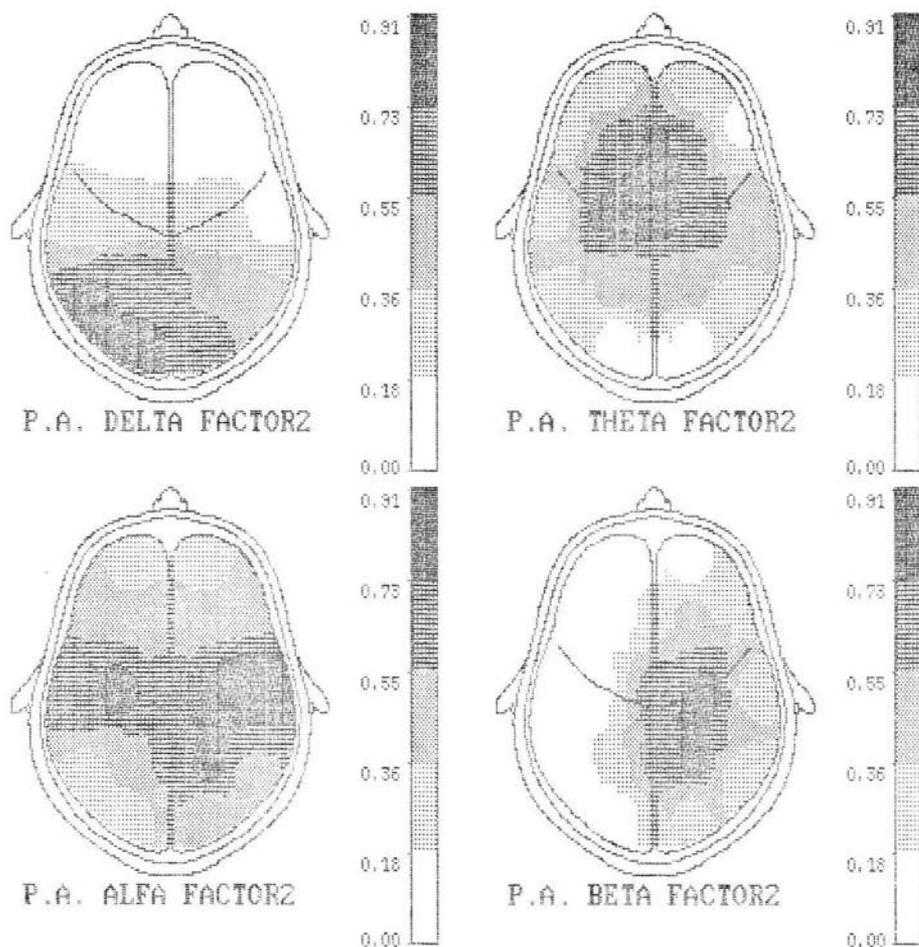


FIGURA 8: Distribución topográfica de los FACTOR2 resultantes del A.C.P. con el método de la matriz de correlaciones al usar la variable V_i en las cuatro bandas de frecuencia estudiadas. Nótese el gran peso de las derivaciones posteriores en la banda δ .

matriz de correlaciones (tabla XV) las derivaciones de mayor peso en el FACTOR1 de la banda δ fueron Fz, Cz, C4, F4, F3, Pz, C3 y P4. No son exactamente los mismos valores ni se obtiene el mismo orden, pero es evidente que la distribución de las potencias es casi la misma al usar uno u otro método. Excepto en la banda α , los factores que explican la mayor parte de la varianza -primero o segundo factor- tuvieron una distribución posterior (FACTOR2 en δ y FACTOR1 en θ y en β); esto puede verse en las figuras 7 y 8 que muestran para el FACTOR1 y para el FACTOR2 respectivamente la distribución en todas las bandas usando el método de la matriz de correlaciones.

POTENCIA RELATIVA:

En las tablas XVI y XVII se muestran los dos primeros factores para cada banda al usar la matriz de covarianzas y al usar la matriz de correlaciones respectivamente. También para la P.R. puede observarse que los resultados son muy parecidos al usar uno u otro método, las únicas excepciones son el FACTOR1 y el FACTOR2 de la banda δ . Vuelve a llamarnos la atención que en el primero o en el segundo factor de todas las bandas, excepto de α , la distribución es predominantemente posterior: en δ el FACTOR2 al usar la matriz de covarianzas y el FACTOR1 al usar la de correlaciones, mientras que en θ y β el FACTOR1 es posterior en ambos métodos. Esta distribución puede verse en las figuras 9 y 10, que representan cómo están repartidos los pesos de las distribuciones para el FACTOR1 y el FACTOR2 respectivamente para todas las bandas usando la matriz de correlaciones. En la figura 9 es claro que el FACTOR1 de δ , θ y β está representado principalmente por derivaciones posteriores. Para este factor llama la

TABLA XVI
ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES
(MATRIZ DE COVARIANZAS)
POTENCIA RELATIVA

	δ		θ		α		β	
	FACTOR1 62.63%	FACTOR2 14.51%	FACTOR1 71.81%	FACTOR2 7.52%	FACTOR1 76.78%	FACTOR2 7.30%	FACTOR1 69.82%	FACTOR2 8.33%
FP1	0.71	0.24	0.24	0.29	0.81	0.21	0.22	0.85
FP2	0.89	0.27	0.34	0.17	0.85	0.18	0.16	0.81
F3	0.60	0.12	0.20	0.58	0.74	0.51	0.35	0.67
F4	0.83	0.16	0.28	0.47	0.76	0.52	0.25	0.58
C3	0.39	0.28	0.34	0.79	0.47	0.72	0.42	0.37
C4	0.57	0.36	0.40	0.65	0.51	0.75	0.28	0.19
P3	0.20	0.69	0.67	0.58	0.35	0.54	0.67	0.19
P4	0.20	0.62	0.67	0.48	0.16	0.79	0.62	0.19
O1	0.21	0.95	0.82	0.32	0.39	0.30	0.80	0.23
O2	0.20	0.90	0.82	0.21	0.31	0.42	0.87	0.27
F7	0.48	0.18	0.23	0.26	0.72	0.36	0.20	0.69
F8	0.81	0.19	0.18	0.11	0.85	0.29	0.18	0.49
T3	0.05	0.21	0.25	0.51	0.49	0.46	0.29	0.35
T4	0.33	0.16	0.20	0.20	0.41	0.69	0.22	0.32
T5	0.24	0.79	0.69	0.41	0.47	0.27	0.54	0.27
T6	0.24	0.77	0.69	0.23	0.32	0.45	0.62	0.32
Fz	0.70	0.16	0.30	0.64	0.69	0.57	0.31	0.48
Cz	0.53	0.34	0.39	0.74	0.53	0.73	0.44	0.39
Pz	0.18	0.67	0.63	0.63	0.24	0.72	0.72	0.19

TABLA XVII
 ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES
 (MATRIZ DE CORRELACIONES)
 POTENCIA RELATIVA

	δ		θ		α		β	
	FACTOR1 60.56%	FACTOR2 12.23%	FACTOR1 67.76%	FACTOR2 7.77%	FACTOR1 76.12%	FACTOR2 7.20%	FACTOR1 67.59%	FACTOR2 8.09%
FP1	0.25	0.67	0.26	0.29	0.81	0.19	0.24	0.82
FP2	0.29	0.85	0.35	0.21	0.88	0.19	0.15	0.84
F3	0.15	0.64	0.22	0.60	0.67	0.46	0.37	0.59
F4	0.21	0.88	0.32	0.53	0.76	0.51	0.27	0.52
C3	0.34	0.50	0.40	0.78	0.36	0.68	0.43	0.34
C4	0.42	0.65	0.49	0.66	0.47	0.76	0.30	0.15
P3	0.77	0.28	0.69	0.44	0.40	0.46	0.73	0.17
P4	0.68	0.28	0.76	0.39	0.14	0.77	0.63	0.19
O1	0.94	0.18	0.80	0.27	0.40	0.28	0.85	0.20
O2	0.90	0.18	0.85	0.20	0.23	0.42	0.86	0.26
F7	0.15	0.39	0.25	0.22	0.51	0.29	0.25	0.65
F8	0.20	0.77	0.18	0.14	0.74	0.31	0.26	0.45
T3	0.23	0.08	0.24	0.25	0.33	0.34	0.34	0.26
T4	0.19	0.36	0.26	0.13	0.32	0.69	0.26	0.29
T5	0.82	0.25	0.69	0.30	0.54	0.22	0.66	0.22
T6	0.78	0.20	0.78	0.23	0.24	0.41	0.66	0.31
Fz	0.24	0.81	0.34	0.67	0.70	0.55	0.33	0.39
Cz	0.42	0.65	0.47	0.71	0.51	0.71	0.44	0.32
Pz	0.74	0.27	0.69	0.51	0.25	0.67	0.73	0.18

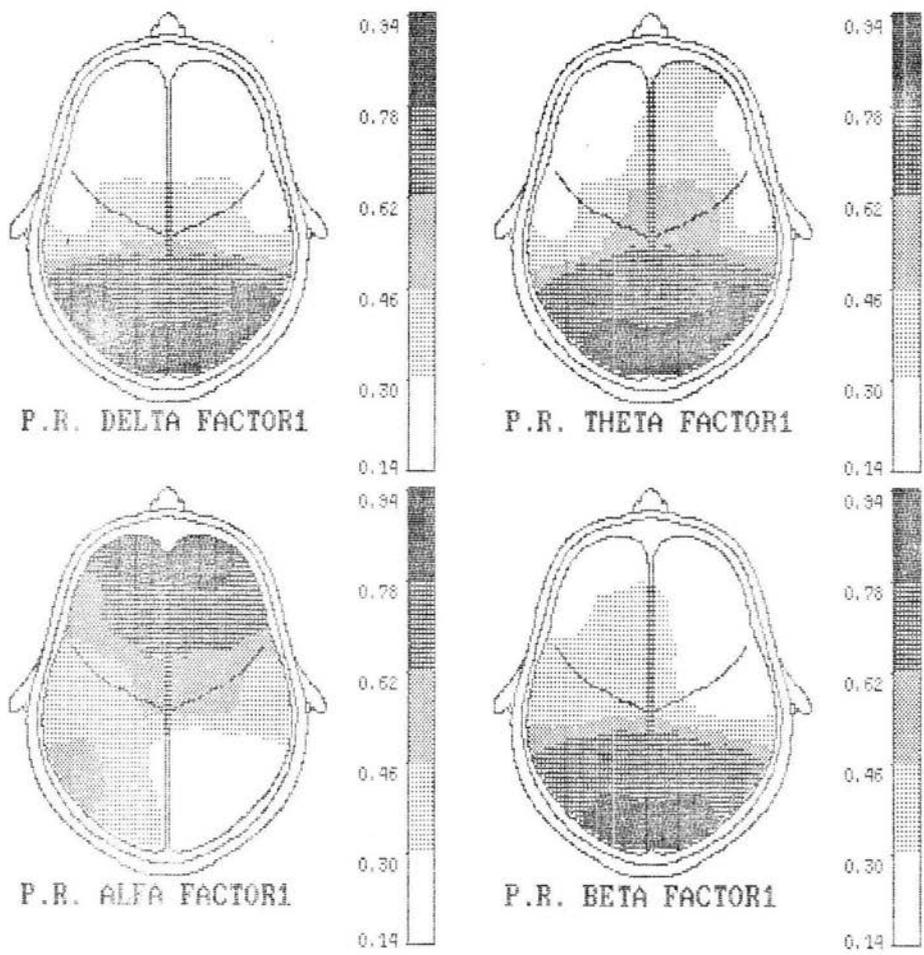


FIGURA 9: Distribución topográfica de los FACTOR1 resultantes del A.C.P. con el método de la matriz de correlaciones al usar la variable W_i en las cuatro bandas de frecuencia estudiadas. Nótese el gran peso de las derivaciones posteriores en las bandas θ y β .

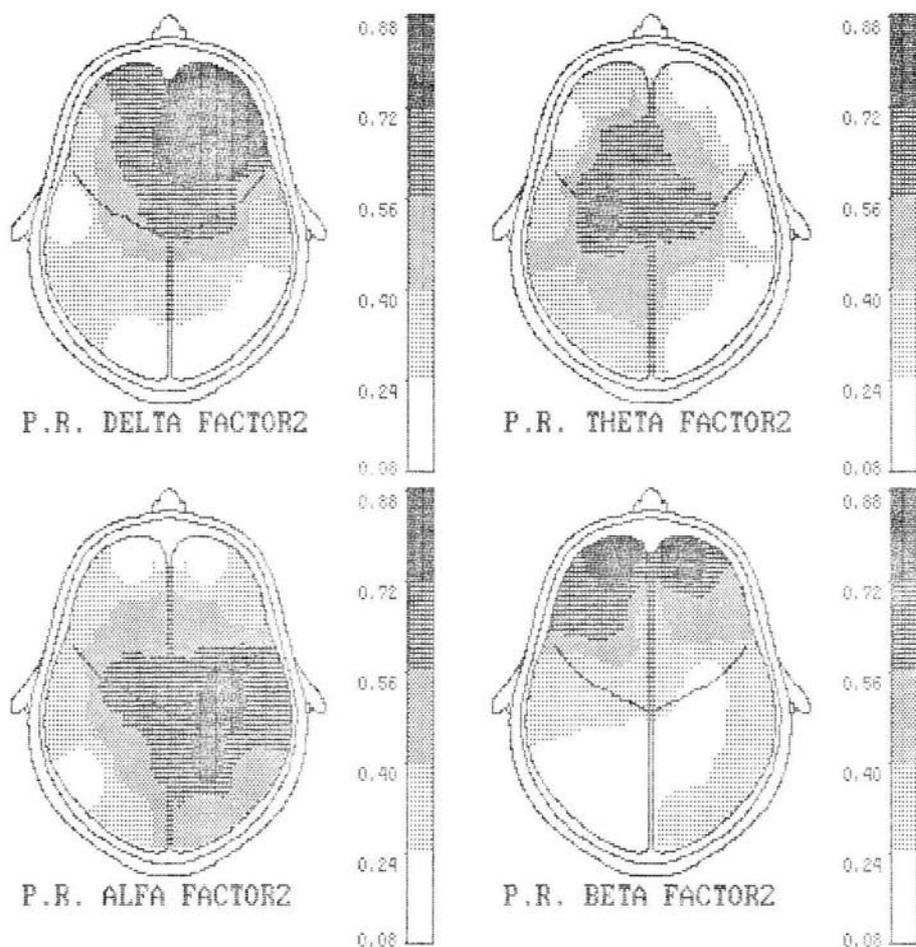


FIGURA 10: Distribución topográfica de los FACTOR2 resultantes del A.C.P. con el método de la matriz de correlaciones al usar la variable W_i en las cuatro bandas de frecuencia estudiadas. Nótese el gran peso de las derivaciones posteriores en la banda δ .

atención la simetría y la existencia de un mismo gradiente espacial de distribución para las tres bandas.

II.2.2.- ANOVA DE LOS FACTORES:

POTENCIA ABSOLUTA:

En la tabla XVIII se muestran los factores para los cuales se encontraron diferencias entre tareas, se señala el nivel de significancia y entre qué tareas se manifestaron las diferencias según el método de Duncan (si una desigualdad está marcada con un asterisco significa que según el método de Tukey también se manifestó esta diferencia). Debajo de cada factor y de su significancia se señalan entre paréntesis las derivaciones que más contribuyeron a ese factor. Puede observarse que los resultados son casi iguales al usar la matriz de covarianzas que al usar la matriz de correlaciones. Llama la atención que el mayor peso en todos los factores en los que existieron diferencias significativas entre tareas lo tienen las derivaciones frontales; en el FACTOR1 de δ el peso máximo estuvo en Fz, Cz, F4, C4, F3, C3, Pz y P4 (citadas en orden descendente) como puede observarse en la figura 11.

En esta figura se representa la distribución de las áreas involucradas en el FACTOR1 y FACTOR7 de δ ; en el lado izquierdo aparecen los mapas obtenidos al usar la matriz de covarianzas y en el lado derecho los que se obtuvieron con la matriz de correlaciones. La distribución del FACTOR1 es bastante simétrica, pero no ocurre lo mismo con el FACTOR7, el cual es predominantemente izquierdo y aunque involucra también áreas

TABLA XVIII
ANOVA DE LOS FACTORES INDIVIDUALES DEL A.C.P.
DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE TAREAS
POTENCIA ABSOLUTA

METODO	BANDA	FACTOR	P	DIFERENCIAS
MATRIZ DE COVARIANZAS	δ MANOVA 0.0359	FACTOR 1	0.0359	T4 \neq T3 *
		(Fz,Cz,F4,C4,F3,C3,Pz,P4)		T3 \neq T1
	β MANOVA 0.0043	FACTOR 7	0.0297	T4 \neq T3 *
		(F7)		T1 \neq T3
MATRIZ DE CORRELACION	δ MANOVA 0.0422	FACTOR 5	0.0010	T2 \neq T3
		(Fz,F4)		T2 \neq T1 *
	β MANOVA 0.0010	FACTOR 8	0.0004	T2 \neq T4 *
		(F8,F7)		T1 \neq T2
MATRIZ DE CORRELACION	δ MANOVA 0.0477	FACTOR 1	0.0477	T1 \neq T3 *
		(Fz,Cz,C4,F4,F3,Pz,C3,P4)		T4 \neq T1 *
	β MANOVA 0.0322	FACTOR 7	0.0322	T4 \neq T3
		(F7)		T1 \neq T3
MATRIZ DE CORRELACION	δ MANOVA 0.0011	FACTOR 5	0.0011	T2 \neq T3
		(Fz,F4)		T2 \neq T1 *
	β MANOVA 0.0001	FACTOR 8	0.0001	T2 \neq T4 *
		(F8,F7)		T1 \neq T2
MATRIZ DE CORRELACION	δ MANOVA 0.0010	FACTOR 1	0.0010	T1 \neq T3 *
		(Fz,Cz,C4,F4,F3,Pz,C3,P4)		T4 \neq T2
	β MANOVA 0.0001	FACTOR 7	0.0001	T4 \neq T3 *
		(F7)		T4 \neq T3 *

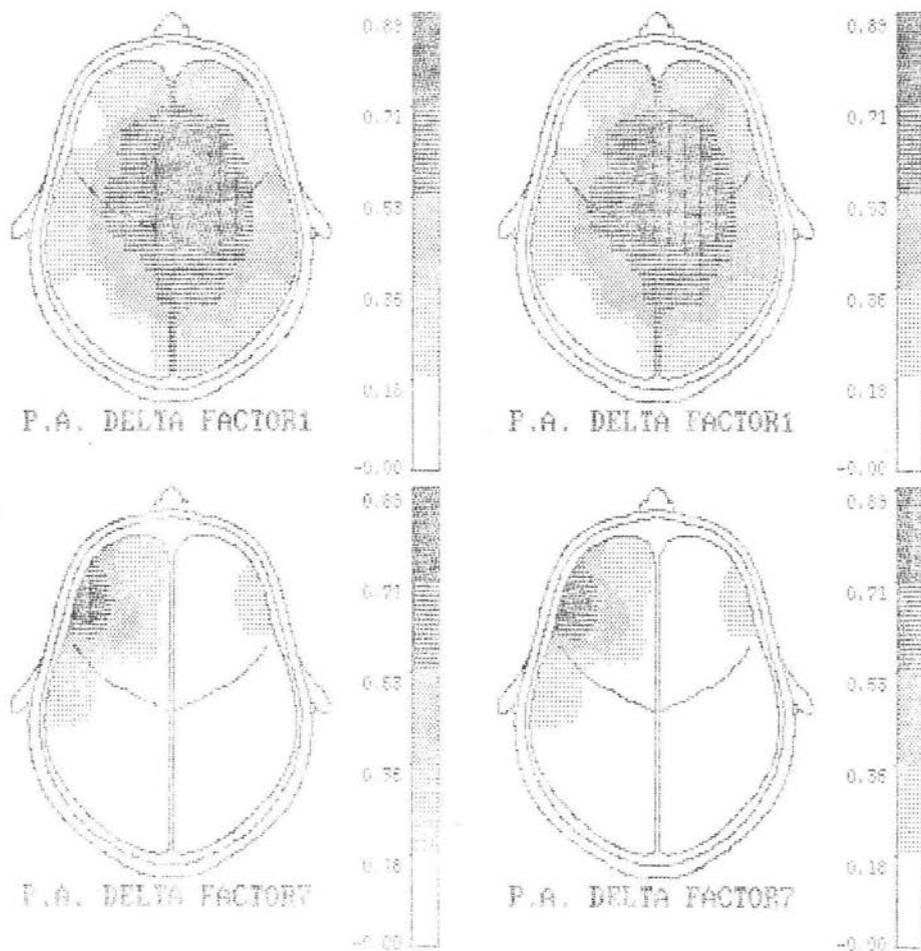


FIGURA 11: Distribución de las áreas involucradas en el FACTOR1 y en el FACTOR7 de la P.A. δ ; en el lado izquierdo se muestran los mapas que se obtuvieron al usar la matriz de covarianzas y en el lado derecho los que se obtuvieron al usar la matriz de correlaciones. Nótese el mayor peso de las derivaciones Fz, Cz, F4, C4, F3, C3, Pz y P4 en el FACTOR1 y el mayor peso de F7 en el FACTOR7.

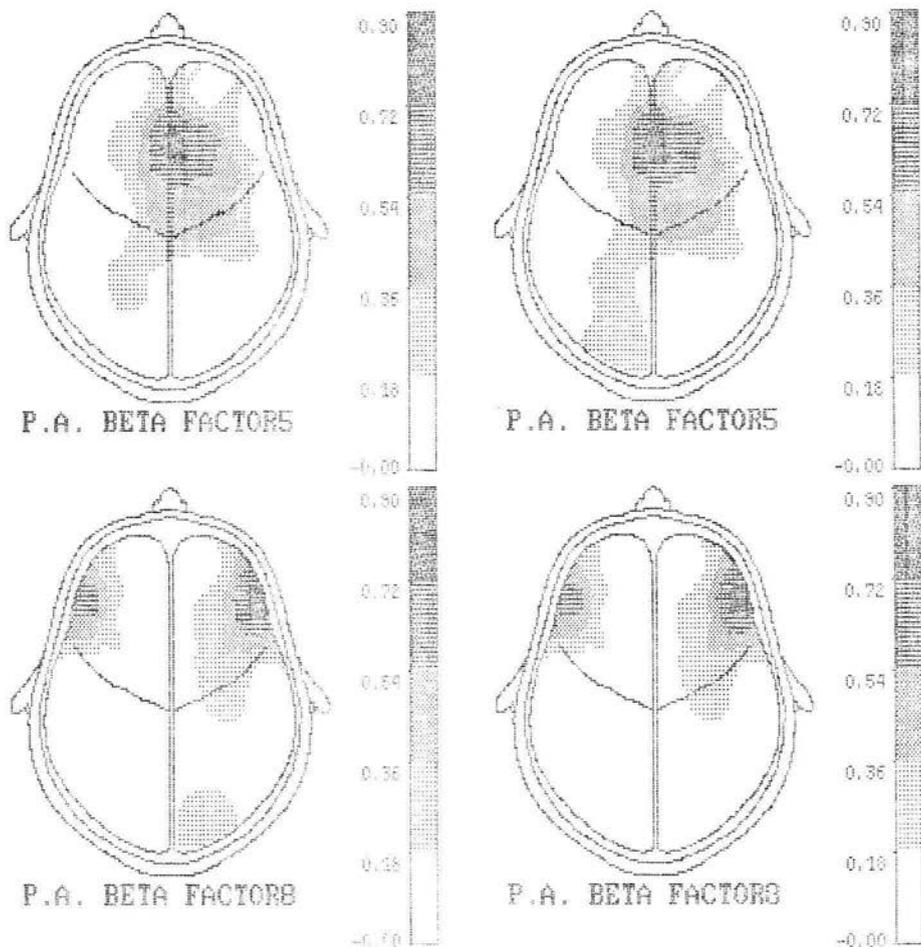


FIGURA 12: Distribución de las áreas involucradas en el FACTOR5 y en el FACTOR8 de la P.A. β ; en el lado izquierdo se muestran los mapas que se obtuvieron al usar la matriz de covarianzas y en el lado derecho los que se obtuvieron al usar la matriz de correlaciones. Nótese el mayor peso de Fz y F4 en el FACTOR5 y el mayor peso de F8 y F7 en el FACTOR8.

frontales no toma muy en cuenta a las regiones de la línea media y parietales. En la figura 12 están representados los factores de la banda β para los que existieron diferencias entre tareas y la idea de esta gráfica es similar a la anterior; ambos factores están compuestos primordialmente por derivaciones frontales y centrales; el FACTOR5, en el cual Fz tiene mucha importancia, es más simétrico que el FACTOR8, pues en este último tienen poco peso las derivaciones de la línea media y el mayor peso lo tiene F8.

Para el FACTOR1 de δ no hay una consistencia en los resultados al usar uno u otro método; según la matriz de covarianzas la tarea T3 es diferente de las tareas T1 y T4, pero según la matriz de correlaciones las tareas T1 y T4 son diferentes entre sí (tabla XVIII). Para el FACTOR7 es consistente el hecho de que la tarea T3 es diferente de las tareas T4 y T1. En la banda β se encontró que para el FACTOR5 la tarea T2 es distinta de las otras y para el FACTOR8 la tarea T1 es distinta de T2 y T3, y que la tarea T4 es distinta de T3.

POTENCIA RELATIVA:

En la tabla XIX se resumió lo mismo que en la anterior para la P.R. En ella puede observarse que sólo hubo diferencias entre tareas para el factor δ frontal (FACTOR1 al usar la matriz de covarianzas y FACTOR2 al usar la matriz de correlaciones). La distribución espacial de este factor (figura 13) incluye principalmente regiones frontopolares, frontales derechas y Fz. Aunque aquí se observa alguna diferencia entre los métodos de covarianzas y de correlaciones, pues parece ser más extensa la región involucrada cuando se usa el método de correlaciones, en ambos

TABLA XIX
ANOVA DE LOS FACTORES INDIVIDUALES DEL A.C.P.
DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE TAREAS
POTENCIA RELATIVA

METODO	BANDA	FACTOR	P	DIFERENCIAS
MATRIZ DE COVARIANZAS	δ	FACTOR 1 (FP2, F4, F8, FP1, Fz)	0.0097	T2 \neq T3 * T2 \neq T1 *
MATRIZ DE CORRELACION	δ	FACTOR 2 (F4, FP2, Fz, F8, FP1, F3, C4, Cz)	0.0208	T2 \neq T3 T2 \neq T1 *

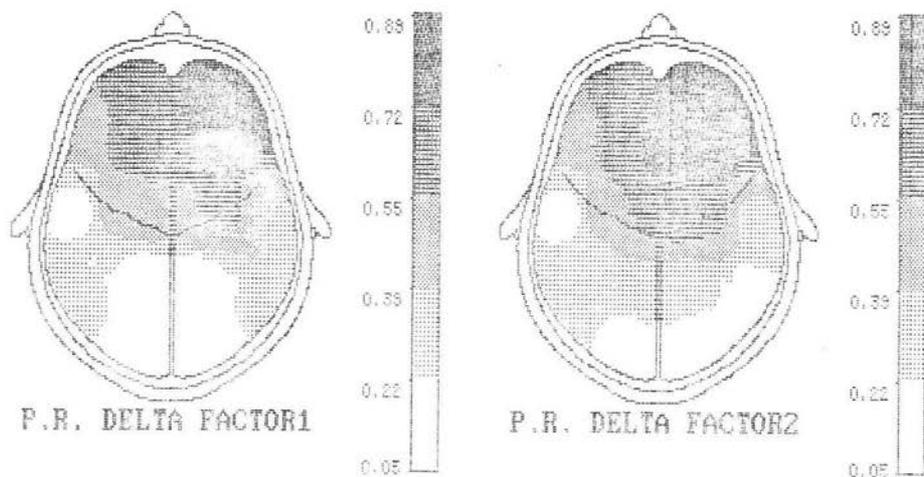


FIGURA 13: Distribución de las áreas involucradas en el FACTOR1 de la P.R. δ (mapa de la izquierda, que se obtuvo al usar la matriz de covarianzas en el A.C.P.) y en el FACTOR2 de la P.R. δ (mapa de la derecha, que se obtuvo al usar la matriz de correlaciones en el A.C.P.). Nótese el mayor peso de las derivaciones frontales del hemisferio derecho y de la línea media.

casos se tiene una predominancia frontal, sobre todo en áreas derechas y centrales; con los dos métodos puede verse un gradiente que va de regiones anteriores a posteriores. Las tareas que resultaron ser significativamente diferentes son las tareas T2 y T1 y las tareas T2 y T3.

III.- RESULTADOS DE TIPO CONDUCTUAL

Por un lado obtuvimos un ordenamiento de las tareas de acuerdo a su dificultad. Fue general la opinión de que la tarea T1 era la más difícil, seguida en dificultad por las tareas T3 y T4. Todos los sujetos reportaron que la tarea más fácil era la tarea T2. Esta impresión subjetiva se vio confirmada por el hecho de que -en promedio- la tarea con mayor porcentaje de errores en las respuestas fue la tarea T1, a ésta le siguieron T3, T4 y por último T2. Aunque no habíamos previsto que la dificultad inherente a cada tarea pudiera establecer diferencias significativas, decidimos hacer un ANOVA entre tareas para la variable "PORCIENTO DE RESPUESTAS CORRECTAS". El resultado fue que existen diferencias altamente significativas ($p < 0.0001$). La figura 14 es una gráfica de barras en la que se muestran estas diferencias. Debe notarse que el porcentaje de respuestas correctas durante la tarea T1 fue significativamente menor que durante las demás tareas, y que durante la tarea T3 fue menor que durante la tarea T2.

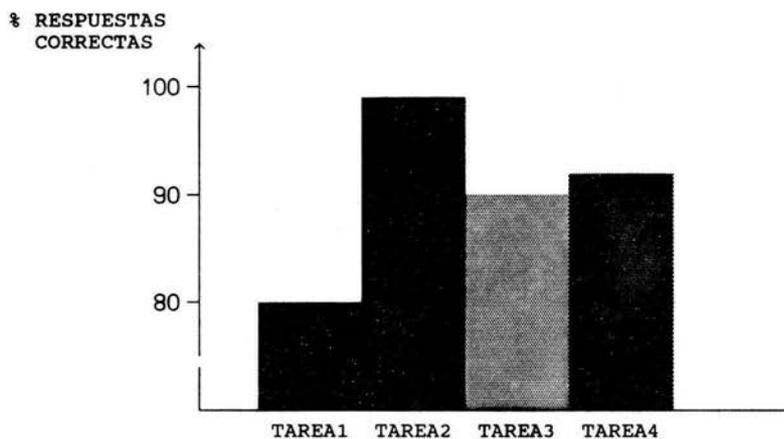


FIGURA 14: En esta gráfica de barras se muestra el porcentaje de respuestas correctas para cada una de las tareas T1, T2, T3 y T4. El ANOVA entre tareas hizo evidentes las siguientes diferencias significativas: $T1 < T3$, $T1 < T4$, $T1 < T2$ y $T3 < T2$.

DISCUSION

Hay varios factores que no nos permiten comparar nuestros resultados con los de otros investigadores. En primer lugar, nos llama la atención el número tan reducido de trabajos que utilizan 15 o más derivaciones según el Sistema Internacional 10-20; llega a haber incluso quien usa una sola derivación (Kakizaki, 1984, 1985).

En segundo lugar, sólo conocemos dos trabajos anteriores (Klimesch y cols., 1990; Alcaraz y cols., en prensa) que utilizaron paradigmas de presentación aleatoria de las distintas ejecuciones de las tareas. En general, los investigadores que usan varias tareas en su experimento, utilizan paradigmas de presentación "en bloques". En la metodología ya fueron mencionadas las ventajas que le vemos al paradigma aleatorio sobre el otro; sin embargo, debido a la ausencia de expectación, presenta diferencias con la forma tradicional de presentación (Klimesch y cols., 1990), lo cual nos hace difícil comparar nuestros resultados con los de otros autores.

En tercer lugar, la mayoría de los autores no registra la actividad eléctrica cerebral en el rango de frecuencias δ ; creemos que esto se debe a que, aun cuando los segmentos hayan sido cuidadosamente seleccionados, es posible que la actividad δ esté contaminada por artefactos cuyo origen son los movimientos oculares (Gasser y cols., 1985); sin embargo, consideramos que

éste no es motivo suficiente para no registrar el EEG en este rango de frecuencias. Aunque los resultados del análisis en la banda δ se tomen con mayores reservas que los de las otras bandas debido a su menor confiabilidad (Gasser y cols., 1985; Pollock y cols., 1991), consideramos que deben ser estudiados. En nuestros resultados hay un gradiente de distribución de la actividad δ que va de regiones anteriores a posteriores; este hecho puede hacer pensar en la contaminación con EOG, como dijimos anteriormente; sin embargo, Buchsbaum y cols. (1984), mediante un análisis topográfico de la distribución de la potencia en cada Hz de frecuencia obtuvieron que la actividad δ es característica de regiones frontales en el rango de 1-3 Hz, rango que coincide con el intervalo que en este trabajo consideramos como banda δ (esto se ilustra en la figura 15, la cual es una reproducción de la gráfica que presentan estos investigadores). En ese mismo artículo, encuentran una alta correlación entre la P.A. δ del EEG y la utilización de glucosa en C3, F3, Fz, T3 y P3 (vale aclarar que sólo registraron el EEG en regiones del hemisferio izquierdo y de la línea media), lo que sugiere una confiabilidad razonable de la P.A. en el rango de frecuencias δ , como actividad debida a procesos eléctricos del cerebro y descarta en buena medida la posibilidad de contaminación con artefactos del EOG.

DIFERENCIAS ENTRE REPOSOS EN LOS VALORES DE P.A. Y P.R.

Al explorar si existían diferencias entre las cuatro condiciones de reposo encontramos, como era de esperar, que estadísticamente no hay razones para suponer que la actividad

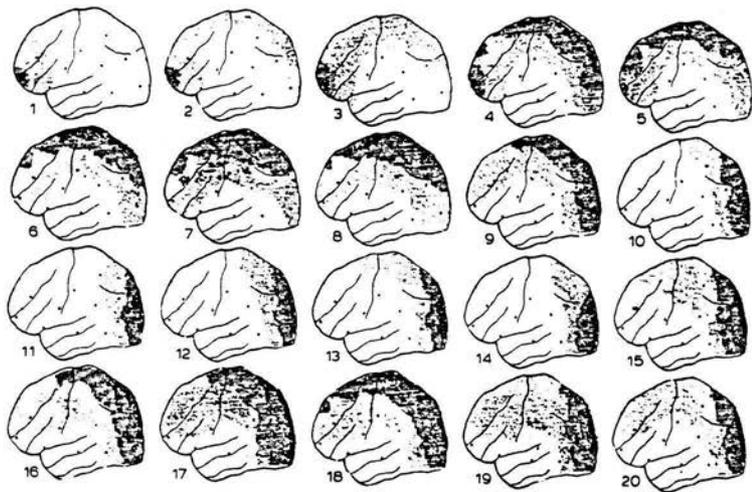


FIGURA 15: Mapas topográficos promedio de la amplitud del EEG en 16 voluntarios normales durante reposo. Para cada frecuencia (1 a 20 Hz.) se presenta un mapa, con escala independiente para utilizar el rango completo de la escala de grises. Esta serie de mapas demuestran el cambio del máximo de la actividad eléctrica cerebral en regiones frontales (1-4 Hz.) a las regiones occipitales (5-20 Hz.). (Tomado de Buchsbaum y cols., 1984)

eléctrica cerebral en las distintas condiciones de reposo sea diferente.

DIFERENCIAS ENTRE TAREAS EN LOS VALORES DE P.A. Y P.R.

Al explorar diferencias entre las tareas, también encontramos que no se manifestaban diferencias ni en la P.A. ni en la P.R. para ninguna de las 19 derivaciones en ninguna de las 4 bandas de frecuencia. No esperábamos este resultado, pero si tomamos en cuenta la gran variación interindividual que observamos en el análisis de los espectros de potencia y de los mapas de cada sujeto, esta variabilidad puede explicar que en la muestra no se reflejen diferencias estadísticas entre tareas, aunque existen al considerar a cada individuo por separado. Por este motivo, que ya fue discutido en la metodología, tuvimos que hacer una manipulación de las variables $\ln(P.A)$ y $\text{logit}(P.R)$ con las cuales estudiamos las diferencias entre tareas y reposos para construir nuevas variables V_i y W_i con las cuales analizamos las diferencias entre tareas que no se pusieron de manifiesto al usar las otras variables.

DIFERENCIAS ENTRE TAREAS Y REPOSOS EN LOS VALORES DE P.A. Y P.R.

Tanto en la P.A. como en la P.R. hubo dos fenómenos que se dieron consistentemente durante las tareas en relación a las condiciones de reposo:

- 1) Una disminución significativa de la potencia en el rango de frecuencias α .

2) Un aumento significativo de la potencia en el rango de frecuencias δ .

DECREMENTO DE α :

La supresión de la actividad α es un hecho muy conocido, que Berger, desde principios de siglo, describió como una consecuencia del esfuerzo mental. Nosotros confirmamos su ocurrencia con la estadística aplicada a las medidas P.A. y P.R., pero la supresión de α durante la realización de las tareas era evidente por simple inspección visual en la mayoría de los sujetos desde el momento del registro.

Esta disminución de la actividad α es un fenómeno que se observa en cualquier tipo de tarea cognoscitiva. Muchos autores lo reportan durante tareas verbales, visuoespaciales, de memoria, de rotación mental, de relacionar categorías, de formación de conceptos, de escuchar música, etc. (Legewie y cols., 1969; Dolce y Waldeier, 1974; Gevins y cols., 1979a, 1979b; Bunnell, 1982; Tucker y cols., 1985; Papanicolaou y cols., 1986; Petsche y cols., 1986, 1992; Earle, 1988; Gutiérrez y Corsi-Cabrera, 1988; Lang y cols., 1988; Merrin y cols., 1988; John y cols., 1989; Pfurtscheller y Klimesch, 1989; De Toffol y cols., 1990; Klimesch y cols., 1990; Ramos y cols., en prensa). También este fenómeno está presente en tareas de cálculo aritmético (Glass, 1964; Legewie y cols., 1969; Dolce y Waldeier, 1974; Gevins y cols., 1979a; Bunnell, 1982; Earle, 1985, 1988; Etevenon, 1986; Petsche y cols., 1986; Klimesch y cols., 1990). Sin embargo, no sólo es propio de tareas cognoscitivas, sino que también se reporta en

tareas sensorimotoras (Autret y cols., 1985; De Toffol, 1990).

Hay mucha discrepancia en cuanto a si esta supresión está lateralizada o no al hemisferio que supuestamente se activa más durante una tarea cognoscitiva específica. Algunos autores reportan que el EEG está selectivamente α -suprimido en el hemisferio dominante para una tarea particular, entre ellos se encuentran Donchin y cols. (1977), Earle (1985, 1988), Lang y cols. (1988) y Merrin y cols. (1988). Klimesch y cols. (1990) reportan diferencias hemisféricas en α durante una tarea verbal, pero no durante una tarea numérica; y Petsche y cols. (1992) encuentran mayor actividad del hemisferio izquierdo en una tarea de interpretación de una pintura, pero en los mismos individuos no encuentran lateralización en la visualización de un concepto abstracto.

Sin embargo, otros autores encuentran que la supresión de α es un fenómeno bilateral (Dolce y Waldeier, 1974; Gevins y cols., 1979a; Goldstein, 1984; Petsche y cols., 1986; John y cols., 1989; Pfurtscheller y Klimesch, 1989). Autret y cols. (1985) encuentran también una supresión bilateral de α , aun cuando la tarea aplicada por ellos fue motora.

Gevins y cols. (1979a) consideran que en muchos estudios en los que se ha encontrado una lateralización de las funciones cognoscitivas; ésta pudo haber estado asociada a factores no cognoscitivos que se sabe que afectan al EEG, y no a la activación producida por la tarea cognoscitiva en sí misma. Ellos proponen que en la mayoría de los estudios las tareas usadas presentan diferencias en las características del estímulo, en las actividades eferentes (movimiento de ojos y miembros, actividad

muscular asociada a la verbalización) y en factores relacionados con la ejecución (aptitudes, capacidades y esfuerzo propios del sujeto durante la realización de una tarea). En uno de los experimentos que refieren en ese artículo, ellos encontraron pequeñas asimetrías que atribuyeron a factores no cognoscitivos que no controlaron; sin embargo, en el otro experimento, en el cual se controlan estos factores, ellos no encontraron lateralización de la actividad α en ninguna de las tareas, entre las cuales se encontraba una aritmética. Un hecho que sugiere que el patrón visual del EEG estuvo más asociado a los factores no cognoscitivos en un experimento en donde éstos no se controlaron, es que no encontraron diferencias entre una tarea de escritura y otra de garrapatear en un papel con la mano derecha (Gevins y cols., 1979b). Nosotros creemos que en este patrón visual, las principales diferencias que detectaron Gevins y cols. (1979b) estuvieron en el rango de frecuencias α , pues durante el reposo esta es la actividad de mayor amplitud, por lo que es más fácil detectar en el EEG los cambios que en ella ocurren que los que ocurren a otras frecuencias.

Todo esto nos lleva a pensar que la supresión de la actividad α obedece a un proceso mucho más general que la activación de una región particular por determinada tarea (Gevins y cols., 1979a; John y cols., 1989).

Ray y Cole (1985), en un experimento en el que controlan la lateralización en la ejecución de tareas, el tipo de demanda de atención que requieren dichas tareas (si la atención es a un estímulo del medio ambiente o al procesamiento interno de información) y la actividad emocional relacionada en mayor o menor

grado con el estímulo, encuentran que la actividad α no está relacionada con el proceso cognoscitivo ni con el emocional, sino con el tipo de demanda de atención. Bunnell (1982) plantea que la atención a eventos sensoriales o internos podría ser una condición necesaria para bloquear α .

El decremento bilateral de la potencia α , que obtuvimos como resultado, consideramos que es una activación inespecífica a la tarea, que se debe a la demanda de atención para procesar el estímulo. El hecho de que en la P.A. la mayor significancia se diera en regiones posteriores, pensamos que se debe a que, en el reposo, éstas son las regiones con mayores valores de P.A. en el rango α , y por lo tanto en ellas es más notable el cambio de actividad al pasar del reposo a la tarea.

Otra posible explicación de este decremento generalizado de α es que la activación en los distintos sujetos esté relativamente focalizada y que para los diferentes sujetos los focos sean diferentes; entonces, al considerar la muestra en su conjunto, podrían ocultarse los focos individuales y se vería en promedio una distribución muy dispersa; para que esto fuese posible estadísticamente, no sólo necesitaríamos que las diferencias entre reposo y tarea fueran suficientemente grandes en cada individuo, sino que las varianzas en el reposo y en la tarea fueran distintas; esto no ocurre: las varianzas son estadísticamente iguales, por lo que descartamos esta posibilidad y concluimos que el cambio encontrado entre reposo y tarea nos sugiere que la supresión de la actividad α es la respuesta a un proceso general de atención.

INCREMENTO DE δ :

Otro hecho que ocurrió en forma consistente fue un aumento de la actividad δ en las tareas, en relación con los estados de reposo previos a ellas.

Este hallazgo es un hecho mucho menos difundido que la supresión de α , pero también es mucho menos estudiado, como explicamos al inicio de la discusión. Los reportes son muy pocos: en los mapas topográficos del trabajo de John y cols. (1989) puede verse un aumento de la P.R. δ en regiones frontales, sobre todo en el hemisferio izquierdo durante una tarea verbal. Tucker y cols. (1985) reportaron, a partir de un estudio intensivo en dos sujetos, que el hecho más consistente de su trabajo era el aumento de la P.A. δ en regiones anteriores izquierdas durante una tarea de fluidez verbal. Kakizaki (1984) también encontró un aumento de la actividad δ en Oz (el único sitio donde registró el EEG) durante una tarea aritmética en las seis categorías más altas de las ocho categorías de dificultad que estudió. Dolce y Waldeier (1974), usando la P.R., también encontraron un incremento de la actividad δ durante dos tareas: una verbal y otra aritmética. Etevenon (1980) aplicó una tarea aritmética durante la cual encontró un aumento de la P.A. δ en relación a la condición de reposo. En un trabajo previo (Fernández y cols., en prensa) encontramos, por un lado, que las diferencias entre condiciones (reposo con ojos abiertos; tarea verbal de búsqueda de sinónimos y tarea de aritmética mental) se manifestaron todas en la banda δ y, por otro, que la P.A. aumentaba durante las tareas en relación al reposo.

Todos estos resultados apoyan lo que encontramos en este

trabajo; otros autores que refieren cierta lateralización, la usan como argumento para descartar la posibilidad de que la actividad δ que encontraron sea producida por movimientos oculares; asimismo, en nuestro trabajo anterior (Fernández y cols., en prensa) usamos como argumento el hecho de que este incremento en la actividad δ fuera posterior. Pero en este trabajo ninguno de los dos es el caso: encontramos un gradiente anteroposterior con mayor actividad δ en regiones frontales, sin lateralización hemisférica. Sin embargo, tanto el trabajo de Buschbaum y cols. (1984) como el de la mayoría de los autores que registran estas frecuencias durante actividad mental, sugieren que la actividad δ registrada por nosotros es actividad eléctrica cerebral, aunque no podemos rechazar concluyentemente la posibilidad de que sea debida a movimientos oculares.

El hecho de que las mayores diferencias estén en regiones frontales puede deberse a que en estas áreas es donde hay mayor actividad δ en reposo (Buschbaum y cols., 1984) y por lo tanto en ellas es más notable el cambio.

Tucker y cols. (1985) comentan que otra posibilidad de origen de esta actividad δ son los potenciales lentos que se producen durante tareas verbales (Altenmuller y cols., 1989). Nosotros no aplicamos tareas verbales, pero como la respuesta debía ser dada oralmente, pensamos que los potenciales lentos podrían ser otra posibilidad.

Pensamos que el incremento de actividad δ observado se debe fundamentalmente a los mecanismos involucrados en la concentración interna del sujeto para poder desarrollar la tarea que se le

requiere. Existen reportes de investigaciones realizadas en sujetos que estaban en estados de meditación yoga durante el cual hay un incremento de la P.A. δ en regiones frontales en relación al estado de reposo (Roldán y cols., 1980) o se registra un patrón que consiste en el aumento de ondas lentas (δ y θ) y la supresión de actividad α (Dostalek y cols., 1983); estos resultados apoyan nuestra hipótesis. A continuación explicaremos los mecanismos del origen de la actividad δ relacionada con la concentración interna del sujeto.

Se ha demostrado que la generación de la actividad δ es cortical (Calvet y cols., 1964; Petsche y cols., 1984 c.p. Steriade y cols., 1990) y que los dipolos son perpendiculares a la superficie (Ball y cols., 1977). En base a la observación de que había una alta correlación entre el aumento de la frecuencia de disparo y las ondas positivas en el registro del EEG en la superficie por un lado y entre la disminución de frecuencia de disparo y las ondas negativas por otro, Ball y cols. (1977) concluyeron que la actividad δ era el resultado de la actividad sináptica. Sin embargo, Buzsáki y cols. (1988) no encontraron ninguna neurona que disparara durante la porción positiva de las ondas δ registradas en la profundidad (las que coincidían con la porción negativa de las ondas δ en la superficie), por lo cual plantearon que no era posible que los cambios en δ se debieran a actividad sináptica, como postulaban Ball y cols. (1977); entonces propusieron que se debía a la propiedad intrínseca de las neuronas corticales de tener hiperpolarizaciones de larga duración (200-500 msec) debidas a la conductancia al calcio mediada por el potasio. Además, Buzsáki y cols. (1988) encuentran

que en el nivel de la capa V de la corteza cerebral se invierte la fase de las ondas δ , lo cual sugiere que los dipolos que generan esta actividad se encuentran en la capa V. En esta capa existen grandes neuronas piramidales, que debido a su tamaño y a su disposición, son los candidatos más probables para ser considerados como los generadores de la actividad δ .

La participación de los núcleos de la base del cerebro anterior (Ch4 en el mono) en la activación de la corteza está bien establecida. Al lesionar los cuerpos celulares de las neuronas de estos núcleos, Buzsáki y cols. (1988) registraron actividad δ en la sustancia blanca ipsilateral. Además registraron, tanto en el animal lesionado como en el animal íntegro, actividad rápida si inyectaban agonistas colinérgicos y un incremento de δ si inyectaban antagonistas colinérgicos; Riekkinen y cols. (1991) corroboraron estos resultados, pues también encontraron en lesiones del complejo Ch4 lentificación del EEG, la cual disminuía si se administraban agonistas muscarínicos al animal. Esto indica que la supresión de actividad δ se debe a una activación colinérgica. Por otro lado, Mesulam y Mufson (1984) demostraron que la mayor innervación colinérgica de la corteza está dada por el complejo Ch4 en el mono, donde hay neuronas que proyectan a toda la corteza. Esto sugiere que las neuronas colinérgicas de los núcleos de la base del cerebro anterior están involucradas en la supresión de la actividad δ .

Détári y Vanderwolf (1987) mediante estimulación antidrómica demostraron que hay células de los núcleos de la base del cerebro anterior que proyectan a la corteza; de las 18 células que encon-

traron con estas características, las 18 aumentaron su frecuencia de descarga cuando se registró activación cortical, por lo que debe tratarse de neuronas colinérgicas. Sin embargo, hubo otras 24 neuronas de los núcleos de la base del cerebro anterior cuyo destino no pudieron identificar; de éstas, 16 aumentaron su frecuencia de descarga cuando había ondas lentas; Szymusiak y McGinty (1986) también reportaron que esto ocurría en el 25% de las neuronas de los núcleos de la base, entre 1 y 5 segundos antes de que se iniciara el sueño de ondas lentas. La existencia de neuronas gabaérgicas en los núcleos de la base del cerebro anterior ha sido confirmada en numerosas investigaciones (Szymusiak y McGinty, 1986). Por lo tanto, Détári y Vanderwolf (1987) proponen que las neuronas que tanto ellos como Szymusiak y McGinty relacionan con actividad δ deben ser interneuronas gabaérgicas que inhiben a las neuronas colinérgicas; de este modo se suspende la activación del EEG produciéndose actividad δ . Esto demuestra que existe la posibilidad de inhibir a las células colinérgicas que proyectan a la corteza.

El hecho de que las neuronas de la corteza estén hiperpolarizadas dificulta su activación; Mesulam y Mufson (1984) proponen que la activación de las neuronas colinérgicas del complejo Ch4 en el mono facilita el procesamiento de la información que proviene del medio ambiente.

Para que un sujeto pueda concentrarse en una tarea dada, es necesario que se abstraiga de la información que proviene del medio ambiente, lo cual podría darse impidiendo la facilitación que mencionan Mesulam y Mufson (1984); por lo tanto un mecanismo posible para explicar la concentración interna, durante la cual

se originara actividad δ , podría ser la inhibición de las neuronas colinérgicas de los núcleos de la base del cerebro anterior. Ya sabemos que esta inhibición es posible a través de la activación de las neuronas gabaérgicas (inhibitorias) que se encuentran en los mismos núcleos, pero también podría darse por la activación de neuronas inhibitorias procedentes de otras regiones; entonces, deberíamos contestarnos de qué regiones del Sistema Nervioso hay proyecciones a los núcleos de la base del cerebro anterior.

Según Mesulam y Mufson (1984), aunque las neuronas del complejo Ch4 proyectan a toda la corteza, actuando como relevo colinérgico para transmitir información límbica y paralímbica, Ch4 recibe proyecciones de unas pocas áreas de corteza (corteza prepiriforme, corteza orbitofrontal, ínsula anterior, corteza temporal interna que incluye la inferotemporal de asociación visual y corteza entorrinal) y de algunas otras regiones (núcleos septales, hipotálamo, amígdala, complejo del núcleo acumbens, porción magnocelular del núcleo dorsomediano del tálamo, núcleo peripeduncular, núcleo pálido ventral, locus coeruleus y núcleos del rafé). Estos investigadores plantean que las áreas de la corteza que no proyectan a Ch4 no tienen una manera directa de controlar la aferencia colinérgica que reciben; pero las áreas que sí reciben proyecciones de Ch4 no sólo regulan la entrada colinérgica que reciben, sino la innervación colinérgica de toda la corteza cerebral. Por lo tanto, una o algunas de estas áreas que sí envían proyecciones a Ch4 deben estar involucradas en la inhibición de las neuronas colinérgicas de Ch4. Nosotros propone-

mos que una de estas áreas podría ser la amígdala, debido a que su participación es fundamental en la motivación, en la capacidad de hacer analogías -fenómeno que pensamos que está asociado a cualquier algoritmo de cálculo- y en dar el inicio y la terminación de un episodio (Pribram, 1991). Sin embargo otro fuerte candidato a regulador de la actividad colinérgica de toda la corteza son los lóbulos frontales, en particular las áreas prefrontales; esto lo decimos basados en nuestros resultados de que las diferencias entre tareas se dieron en estas áreas, como se analizará al final de la discusión.

Otras diferencias entre las tareas y las condiciones de reposo las encontramos en las bandas θ y β .

El ANOVA entre las 8 condiciones hizo manifiesto un aumento de la P.R. θ en O1, O2 y T6, que se confirmó con la t-apareada entre cada tarea y su reposo previo, y una disminución en la P.A. β en O1 y O2, que también se reflejó en la t-apareada. Al analizar las diferencias entre una tarea y su correspondiente estado de reposo encontramos muchas más diferencias que las del ANOVA; éstas se manifestaron en general por un aumento de la potencia en regiones frontales y una disminución en las demás áreas, tanto en el rango de frecuencias de la banda θ como en el de la banda β .

ACTIVIDAD θ :

Excepto por el aumento de la actividad θ en Fp2 durante la tarea T3, que pudiera ser un hecho aislado adjudicable al azar, sólo se encontraron cambios en la P.A. θ durante la tarea T1, que resultó ser la tarea más difícil tanto por la evaluación subjeti-

va como por el porciento de errores en las respuestas. Dolce y Waldeier (1974) encontraron un incremento en la P.R. θ , mayor en regiones posteriores, lo que sugiere que no tiene relación con movimientos oculares; ellos refieren que en otros estudios la actividad θ ha sido asociada a cambios en el nivel emocional y a "sensaciones placenteras" (Mundy-Castle, 1957; Walter, 1959 c.p. Dolce y Waldeier, 1974). Aunque es difícil verificar el estado emocional de nuestros sujetos durante la realización de las tareas, es posible que durante la tarea más difícil (T1), se diera un aumento en la ansiedad, lo cual significa un cambio en la emoción, que podría asociarse a los cambios hallados en θ . El que T1 sea la tarea más difícil, está apoyado por el hecho de que el ANOVA del porciento de respuestas correctas reflejó que la diferencia más importante entre tareas estuvo dada entre T1 y las demás, siendo T1 en la que los sujetos tuvieron más errores (figura 14).

Estos cambios en θ también se han relacionado con cambios en la dificultad de la tarea, lo cual puede o no estar asociado a cambios en la emoción: Lang y cols. (1988) encontraron cambios en θ en regiones frontales y sugieren que esto, durante una tarea de formación de conceptos, puede estar reflejando las cuestiones intencionales y motivacionales asociadas a la complejidad de la tarea, ya que el lóbulo frontal tiene una relación muy estrecha con la dirección de las acciones hacia una meta y ésta está manejada por mecanismos de motivación.

Hasta el momento hemos hablado del cambio de la actividad θ al pasar del reposo previo a la tarea, sin referirnos al sentido

del cambio. Muchos autores desprecian los cambios ocurridos en este rango de frecuencias porque no ocurren en el mismo sentido para todas las derivaciones; sin embargo, es posible que un aumento en la complejidad de la tarea -o en el nivel de ansiedad o motivación con que se ejecute la misma- pueda estar relacionado con un aumento de la P.A. θ en regiones frontales (Lang y cols., 1988; Gundel y Wilson, 1992) y un decremento en regiones posteriores.

Nuestros resultados están apoyados por los de muchos otros autores: además del incremento de P.A. θ reportado por Lang y cols. (1988), Petsche y cols. (1986) encuentran que durante una tarea de cálculo mental, la P.A. θ aumenta en Fp1, Fp2, F7 y F8 y disminuye en C3, C4, P3, P4, O1, O2, T4, T5, T6, Cz y Pz; en otro estudio, Petsche y cols. (1992) reportan una disminución de la amplitud de θ en casi todas las derivaciones -excepto en Fp1, Fp2 y F7 durante una tarea de visualización de un concepto abstracto y excepto en Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4 y F7 durante la interpretación de una pintura-. Tucker y cols. (1985) reportaron que en una tarea de fluidez verbal, un sujeto presentó un decremento en la P.A. θ excepto en regiones frontales y que en el otro sujeto, el decremento de la P.A. θ fue más importante en regiones posteriores. Por otro lado, Etevenon (1986) encontró una disminución global de la amplitud y de la P.A. θ durante una tarea aritmética.

Los resultados obtenidos al usar la P.R. también fueron confirmados por los de otros investigadores (Dolce y Waldeier, 1974; Gutiérrez y Corsi-Cabrera, 1988; Ramos y cols., en prensa); sin embargo, les daremos más crédito a los de la P.A. porque la

P.R. es una medida mucho más difícil de interpretar, ya que los cambios en una banda de frecuencias son relativos a los cambios en las demás bandas de frecuencia.

En resumen, sugerimos que algunas variables (dificultad de la tarea, diferencias en la emoción dadas por un aumento en la ansiedad o motivación) podrían relacionarse con este incremento de la actividad θ en regiones frontales. El decremento de θ en regiones posteriores no lo hemos discutido, ni lo discute ninguno de los autores que lo reporta. Al parecer aún no son suficientemente claros los mecanismos que subyacen al ritmo θ , por lo que no intentaremos dar una explicación concluyente a esta cuestión. Incluso podría ocurrir que el incremento de θ en regiones frontales y el decremento en regiones posteriores, respondieran a aspectos fisiológicos y psicológicos diferentes.

ACTIVIDAD BETA:

Las diferencias entre tarea y reposo en la P.R. son despreciables, pues de 76 diferencias posibles sólo encontramos 4, las cuales podrían estar asociadas al azar con muy alta probabilidad; por lo tanto haremos el análisis de los cambios que se dieron al pasar del reposo a la tarea en la P.A. β .

Una fuente de artefactos en la banda β es el electromiograma (EMG); creemos que nuestros datos no tienen este tipo de contaminación, pues además de la cuidadosa selección de los segmentos incluidos en el análisis (sólo admitimos en muy pocos casos sujetos que tenían algún ruido en las derivaciones T3 y T4), Gotman y cols. (1981) demuestran que la mayor parte de la actividad muscular del cuero cabelludo que contamina al EEG,

ocurre para frecuencias mayores de 25 Hz (en este trabajo el rango de frecuencias β es el intervalo de 12.5 a 19 Hz).

Muchos autores consideran que los cambios que se producen en el rango de frecuencias β al pasar del reposo a una tarea, están relacionados con la actividad cognoscitiva; pero sólo encontramos un control estricto de la actividad cognoscitiva en el artículo de Ray y Cole (1985), quienes sugieren que para analizar la activación cerebral debida a procesos cognoscitivos, β es mejor rango de frecuencias que α . Papanicolaou y cols. (1986) también encuentran que β es más sensible que el bloqueo α para el análisis de asimetrías durante el procesamiento del lenguaje. Sin embargo, en ninguno de estos dos trabajos se analiza lo que ocurre en frecuencias más bajas. Dolce y Waldeier (1974) plantean que, así como la supresión de α no es selectiva (α disminuye en cualquier tarea), los cambios en β , θ y δ podrían estar relacionados con las tareas, permitiendo diferenciarlas; no obstante, ellos no encuentran cambios significativos entre la tarea aritmética y el reposo en la banda β .

Tucker y cols. (1985) reportan que, más que aumentar la potencia de β con la activación, como encuentra Etevenon (1980), lo que ocurrió fue que disminuyó la amplitud de β de manera general; a esta misma conclusión llegaron Gevins y cols. (1979a).

Según el ANOVA entre las 8 condiciones, en las regiones occipitales hay un decremento durante las tareas en relación a los estados de reposo, pero la t-apareada descubre muchos más cambios: en general hay una disminución de la actividad β en todas las derivaciones excepto en las regiones Fp1, Fp2, F7 y F8,

en las cuales hay un aumento significativo durante las tareas. Al revisar los resultados de Petsche y cols. (1986) nos sorprende encontrar que no sólo en la banda θ , sino también en la banda β , son muy parecidos a los nuestros: durante la tarea de cálculo que ellos aplican, la P.A. β aumenta en Fp1 y Fp2 y disminuye en F3, F4, C3, C4, Fz y Cz; sin embargo, aunque ellos encontraron que en la banda θ el comportamiento era similar en las 6 tareas que usaron (aumento de θ en frontales y disminución en las demás regiones), en la banda β hay unas tareas en las que β disminuye casi siempre (cálculo y música), pero hay otras en las que en general aumenta (lectura, memorizar un texto, contemplar un dibujo); esto podría ser un argumento a favor de que los cambios en β están asociados a procesos cognoscitivos específicos de cada tarea. Más adelante discutiremos los resultados que obtuvimos con las nuevas variables, los cuales apoyan esta hipótesis.

Gevins y cols. (1979a) reportan una disminución de la actividad β durante 3 tareas: plegar papel (excepto en F3 y F4), escribir de memoria y diseño de bloques de Koh (excepto en occipitales). Nuestros resultados están aproximadamente de acuerdo con esto; sin embargo, el mismo grupo de trabajo reporta un incremento de actividad β durante estas mismas tareas en el análisis visual del EEG (Gevins y cols., 1979b). Otros resultados diferentes de los nuestros son los de Tucker y cols. (1985), quienes encuentran una disminución de la P.A. β sobre todo en regiones frontales, y los de John y cols. (1989), en cuyos mapas puede verse una disminución de la P.A. β en F7. Ambos utilizan tareas verbales, las cuales constituyen procesos cognoscitivos diferentes de los nuestros, por lo cual no podemos decir que los

resultados son contradictorios.

Pero sí son contradictorios los resultados de Legewie y cols. (1969), pues encuentran una disminución de β frontal y un incremento de β en regiones posteriores durante una tarea de multiplicación mental, sin embargo ellos comentan que en la banda β había una gran variabilidad interindividual.

También Kakizaki (1984), en una tarea de cálculo obtiene un aumento de la amplitud β en Oz, que por desgracia es la única derivación que registra. Pero Gevins y cols. (1979a) encuentran una disminución bilateral de β excepto en F3 y F4. Es posible que los cambios que nosotros observamos en la banda β estén representando un proceso cognoscitivo general para tareas de cálculo; esto lo decimos basados en que nuestros resultados, los de Petsche y cols (1986) y los de Gevins y cols. (1979a) son muy parecidos durante la realización de tareas aritméticas. Sin embargo, podría ocurrir que también se reflejaran procesos cognoscitivos en las bandas de frecuencia δ y θ , como sugieren Dolce y Waldeier (1974). Ellos mismos plantean que los diferentes estados funcionales no sólo están asociados con los cambios en la intensidad de las bandas de frecuencia clásicas, sino también con cambios de la organización del EEG en esas bandas.

VENTAJAS DE LAS NUEVAS VARIABLES V_i Y W_i :

Cuando utilizamos las medidas P.A. y P.R. normalizadas, no encontramos diferencias entre tareas; este resultado ya fue discutido y lo consideramos una consecuencia de la gran variabilidad que existe entre los sujetos. Esta variabilidad queda

reducida al usar las variables V_i y W_i (variables diferencia $T_i - R_i$ con $i=1, \dots, 4$ para la P.A. y la P.R. respectivamente), debido a que éstas solamente contienen la información del cambio en las potencias al pasar del reposo a una determinada tarea y no incluyen la actividad de base de los sujetos, en la cual no sólo se ha reportado gran varianza interindividual que se observa directamente en el registro electroencefalográfico (Chatrian, 1974), sino gran varianza interhemisférica, con predominancia de amplitud del hemisferio derecho durante el reposo (Chatrian, 1974). Esta diferencia entre los hemisferios cerebrales también ha sido reportada para medidas derivadas del análisis de frecuencias del EEG (Autret y cols., 1985; De Toffol y cols., 1990).

Otra ventaja de estas nuevas variables es que, aunque no están afectadas por las diferencias en la actividad de base de los sujetos, no ocultan la variabilidad interindividual del cambio que se produce al pasar del reposo a una tarea y que ha sido asociada con estrategias o capacidades cognoscitivas diferentes (Tucker y cols., 1985; John y cols., 1989; Corsi-Cabrera y cols., 1989; Beyer y cols., 1990).

Un aspecto importantísimo en el caso de la P.A., es que tiene asociado un factor de escala multiplicativo (Valdés y cols., 1992) que es responsable de una parte considerable de la varianza interindividual. Con el uso de estas nuevas variables, este factor de escala queda eliminado, como demostramos en la metodología.

A continuación discutiremos las diferencias entre tareas. Queremos resaltar que no se trata de las diferencias entre las

potencias encontradas durante las tareas, sino las diferencias entre los cambios al pasar de un reposo a una tarea.

Los resultados del ACP de las nuevas variables fueron muy parecidos tanto cuando tomamos en cuenta la magnitud de las medidas (método de la matriz de covarianzas), como cuando sólo consideramos las relaciones entre las medidas y no se tomó en cuenta su magnitud (método de la matriz de correlaciones). Se sabe que en una misma banda la distribución de amplitud es diferente de una localización a otra (por ejemplo, que la mayor amplitud de α es posterior); por lo tanto, este resultado nos muestra que para efectos de los factores resultantes del ACP, esta diferencia de amplitud en las distintas derivaciones no es importante. Esto es una verificación de que las nuevas variables están eliminando la actividad global común a todas las áreas y como consecuencia, en cada localización miden sólo el cambio del reposo a la tarea, como esperábamos.

En los resultados comentamos que, excepto en la banda α , algunos de los factores que explican la mayor cantidad de varianza (FACTOR1 y FACTOR2) tuvieron una distribución posterior. Más aún, en la P.R. usando matriz de correlaciones, el FACTOR1 en δ , θ y β es el que representa a las regiones posteriores. Sin embargo, para ninguna banda fue este factor de distribución posterior el que produjo diferencias significativas entre tareas. Esto sugiere que hay una activación que se refleja en estas regiones y es común a las 4 tareas; pensamos que podría ser la activación parietal relacionada con el cálculo que sugieren Hécaen y cols. (1961 c.p. Levin y Spiers, 1985), Luria (1982), Grafman y cols. (1982) y Grafman y Boller (199?) cuando asocian lesiones en estas

áreas con la presencia de acalculia; o bien porque una parte inicial del procesamiento de información, corresponde con la activación de áreas posteriores debido a los procesos involucrados en la percepción visual (Pribram, 1991). Otra explicación que puede darse a la activación de regiones posteriores es que en una fase más tardía el sujeto clasifica al estímulo presentado en una de las 4 categorías (T1, T2, T3 y T4). Esta última afirmación está basada en el planteamiento de Pribram (1991) de que los límites entre categorías los establece la corteza posterior; esto sugiere que estas regiones intervienen en decidir la pertenencia de un elemento a una categoría; por lo tanto, pensamos que podrían estar interviniendo en el proceso de reconocer de qué tarea se trata.

DIFERENCIAS ENTRE TAREAS

Sólo encontramos diferencias entre tareas en las bandas δ y β . El no haber encontrado diferencias entre tareas en el rango de frecuencias α , demuestra que la supresión de la actividad α es un proceso general a todas las tareas, como ya sugerimos anteriormente; este hecho también es reportado por Bunnell (1982).

Sin embargo, es difícil explicar lo que ocurrió para la banda θ . El no haber observado diferencias entre las tareas en esta banda, podría deberse a que la actividad θ sólo mostró cambios durante la tarea T1 con respecto a su reposo en algunas derivaciones; sin embargo, las diferencias en la dificultad no fueron tan importantes como para que se reflejaran en el análisis

multivariado que toma en consideración todas las derivaciones en las cuatro tareas.

Las diferencias entre tareas se reflejaron en las bandas δ y β y estuvieron localizadas para ambas bandas en regiones frontales, extendiéndose hasta áreas centrales en la banda δ . El FACTOR1 de la P.A. δ tiene una distribución topográfica en la que predominan las regiones frontales y centrales, pero no las frontopolares (figura 11); lo cual hace difícil suponer que su origen sean los movimientos oculares. El FACTOR5 de la P.A. β tiene su máximo en Fz y F4, lo que hace poco probable que esté siendo contaminado por la actividad electromiográfica (figura 12).

De acuerdo con nuestra primera hipótesis, debían observarse diferencias entre las tareas en la banda β si las tareas correspondían con distintos componentes del proceso general del cálculo. Nuestros resultados muestran que el FACTOR5 de la P.A. β establece diferencias entre la tarea T2 y las restantes (tabla XVIII). T2 sólo exige la comprensión del número que lee el sujeto, y según McCloskey y cols. (1985), constituye un componente del cálculo. En las restantes tareas el proceso era mucho más complejo, porque además de la comprensión del número, se exigía el acceso a un lexicón de signos y a otro de las tablas, y la ejecución de procedimientos de cómputo. Por lo tanto concluimos que en la banda β se reflejan diferencias entre el componente del cálculo asociado al procesamiento de los números y los demás componentes del cálculo. También el FACTOR8 establece diferencias entre la tarea T1 y las tareas T2 y T3 (tabla XVIII), lo que sugiere que el componente espacial del cálculo puede diferen-

ciarse de los componentes relacionados con el procedimiento de cómputo y el reconocimiento de signos.

De las dos derivaciones que tuvieron mayor representación en el FACTOR5 de la P.A. β (Fz y F4, ver tabla XVIII), solamente en Fz el ANOVA reportó diferencias significativas de la P.A. β al usar la variable Vi (tabla XII y figura 5); estas diferencias fueron en el sentido de que, en promedio, V2 era mayor que V1, V3 y V4. En la figura 5 también puede verse que la P.A. β de Fz durante la tarea T2 es mayor que durante el reposo R2 y que en el resto de las tareas ocurre lo contrario: disminuye la potencia al pasar del reposo a la tarea, aunque esto sólo fue estadísticamente significativo durante las tareas T3 y T4. Por este motivo es difícil establecer una relación aritmética directa entre las tareas; no obstante, al hacer el ANOVA entre las condiciones de reposo, no encontramos diferencias significativas y no hay razón para suponer que existan tales diferencias; por lo tanto podría estar ocurriendo que la P.A. β fuera mayor durante T2 que durante las otras tareas. Sin embargo, estamos sacando una conclusión a partir de una sola de las dos derivaciones que tienen gran peso en este factor, por lo que consideramos que debe ser tomada con cautela.

Haciendo un análisis similar, las dos derivaciones que tuvieron mayor peso en el FACTOR8 de la P.A. β fueron F7 y F8 (tabla XVIII y figura 12), y al hacer el ANOVA de las variables Vi en cada una de ellas encontramos diferencias significativas entre tareas (tabla XII y figura 5) que apuntan al hecho de que la P.A. β es mayor en T1 y T4 que en T2 y T3.

Es importante aclarar que, aunque estos factores están

diferenciando entre tareas, las conclusiones acerca de si la P.A. β es mayor o menor en determinada tarea con respecto a las otras deben ser tomadas con reserva, puesto que en ambos factores las 17 derivaciones que no tomamos en cuenta están contribuyendo con algún peso.

A la luz de nuestros conocimientos actuales, no podemos dar una explicación fisiológica del aumento o disminución de β en determinada tarea; sin embargo, el hecho de poder discriminar con un factor a la tarea T2 de las demás y con otro factor a la tarea T1 de las tareas T2 y T3, señala que el procedimiento utilizado es sensible para detectar diferencias entre los distintos componentes del proceso de cálculo en la banda β .

En el FACTOR1 y en el FACTOR7 de la P.A. δ , se observó que existían diferencias entre las tareas T1, T3 y T4, lo que sugiere que existen diferencias entre el componente espacial del cálculo, el componente relacionado con los procesos de cómputo y el componente asociado con el reconocimiento de signos aritméticos.

Las derivaciones que tuvieron mayor representación en el FACTOR1 de la P.A. δ (tabla XVIII y figura 11) también manifestaron diferencias significativas entre tareas al hacer los ANOVA de las variables V_i (tabla XII y figura 4). Tomando en cuenta este resultado se infiere que el cambio en la P.A. δ fue mayor para las variables V_4 que para las variables V_3 y V_1 , y que también fue mayor para V_3 que para V_1 . Por otro lado, se sabe que al pasar del reposo a cualquiera de las tareas hay un incremento de la P.A. δ (tablas IV, V, VI y VII). Por lo tanto, es razonable concluir que la P.A. δ en la tarea T4 fue mayor que en T3 y en

T1, y que en T3 fue mayor que en T1. De las 19 derivaciones estudiadas las 6 de mayor peso en el FACTOR1 fueron Fz, Cz, F4, C4, F3 y C3, que son las que establecieron diferencias electroencefalográficas significativas entre tareas cuando hicimos el ANOVA por derivación para los valores Vi de la banda δ . Además, el FACTOR1 explicó más del 55% de la varianza (tablas XIV y XV) al usar cualquiera de los dos métodos del A.C.P. y las conclusiones que sugiere su comportamiento se encuentran apoyadas por el FACTOR1 de la P.R. δ (método que usa matriz de covarianzas, tabla XVI), que establece diferencias entre la tarea T2 y las tareas T1 y T3. Este resultado refuerza el hecho de que los mayores valores de potencia en el rango de frecuencias que corresponde a la banda δ se encuentran durante las tareas T1 y T3. El FACTOR7 de la P.A. δ nos muestra que la derivación con más peso fue F7 (tabla XVIII y figura 11) y en ella se encontró que hubo mayores cambios en V4 y V1 que en V3, lo cual, siguiendo un razonamiento análogo, nos sugiere que la P.A. δ es mayor durante las tareas T1 y T4 que durante T3. Los resultados de este factor deben ser considerados con reservas, pues las 18 derivaciones restantes también contribuyen aportando algún peso a este factor y no las estamos tomando en cuenta en nuestro análisis.

Tanto los factores de la banda δ como el factor de la banda β que discriminan entre tareas, tienen una distribución topográfica con mayor peso en regiones frontales y centrales; ésta no coincide con la localización propuesta a partir de las observaciones realizadas en pacientes con lesiones neurológicas.

Pribram (1991) considera que cuando una entrada sensorial -ya sea interna o del medio ambiente- no presenta ningún conflic-

to, el análisis de la información se hace mediante la activación de determinados focos temporalmente dominantes de manera automática; sin embargo, cuando se requiere de una demanda extra, debida a competencia entre entradas, aspectos incompletos o ambigüedad, entra en juego el lóbulo frontal. En nuestro caso no hay competencia entre entradas ni ambigüedad, pero tres de las tareas (T1, T3 y T4) se tratan precisamente de que el sujeto complete aspectos incompletos. Pribram plantea que la parte orbitaria del lóbulo frontal tiene un procesamiento de tipo episódico, es decir, que la información entra en forma recurrente una y otra vez, y cada vez se analiza la variación entre esa entrada y las anteriores para decidir si vale la pena seguir analizando. Pribram piensa que, así como en la convexidad posterior se hace el análisis de lo invariante, en los lóbulos frontales se analiza lo covariante. El lóbulo frontal, según Pribram, también interviene en el ordenamiento temporal de los eventos y en las inferencias sobre cómo solucionar el problema -funciones que se encuentran relacionadas con la parte dorsal y con la parte lateral del lóbulo frontal respectivamente-. Por lo tanto es razonable suponer que el lóbulo frontal esté asociado a memorizar resultados parciales de cada paso ejecutado en una tarea cognoscitiva que consta de varios pasos (Milner y Petrides, 1984), como son las tareas T1 y T3 (esta última en menor grado).

Por otra parte, la actividad δ en regiones frontales y centrales usando las variables V_i demostró ser mayor en las tareas T2 y T4 que en las tareas T1 y T3. De acuerdo al origen de δ que discutimos previamente y tomando en cuenta que T1 y T3 son

las tareas más difíciles, este resultado podría parecer contradictorio, pues es razonable pensar que una tarea más difícil requiere de mayor grado de concentración; sin embargo, no hay contradicción. Durante las tareas más difíciles, cuando el sujeto tiene que retroalimentarse con lo que se le presenta en el monitor, se interrumpe la concentración interna; mientras que en las tareas más fáciles (T2 y T4), que son más cortas, el individuo sí mantiene dicha concentración.

Tomando en cuenta tanto el análisis de varianza de las variables V_i como el de los componentes principales, podría concluirse que la actividad δ refleja no sólo los procesos de concentración interna, sino también diferencia entre los distintos componentes del proceso de cálculo. Por una parte, aquellos que sólo implican la comprensión del número y de los signos se diferencian de los que implican el procedimiento de cómputo y la representación espacial; por otra parte, se establecen diferencias entre los componentes de comprensión de signos y procesamiento de cómputo y el componente espacial, y a su vez, entre estos dos últimos, incrementándose la potencia de δ en el mismo orden en que hay más componentes del cálculo incluidos en una tarea determinada.

Haciendo un resumen de nuestros resultados, encontramos por un lado que hay un cambio en la actividad δ , θ y β localizado en regiones posteriores, común a las cuatro tareas; y por otro, que hay un cambio en la actividad frontal δ y β que establece diferencias entre ellas.

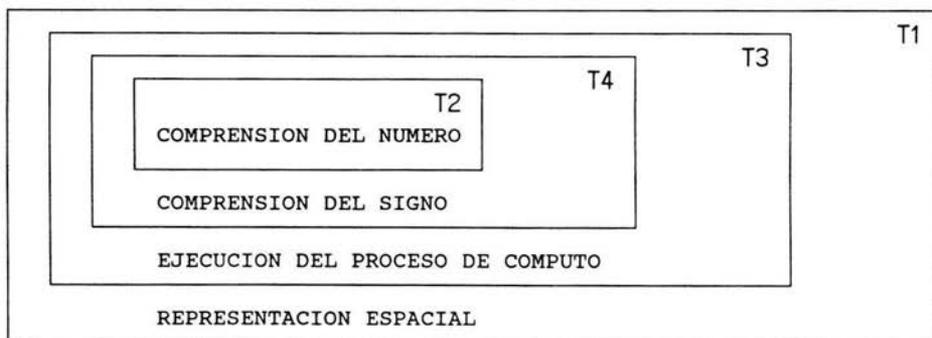
En las 4 tareas que presentamos, el procesamiento inicial es similar. Dado que el estímulo se presenta visualmente, lo primero

que se activa es la vía visual y las cortezas de asociación visual que intervienen en el reconocimiento de las formas (número, signos, etc.). Por el hecho de que todas las tareas son de cálculo, el sujeto no tiene que clasificar en categorías de acuerdo a si se trata de una tarea de cálculo o de otra tarea; sin embargo, debido a que las tareas son presentadas aleatoriamente, seguramente el paso siguiente será clasificar a esa tarea particular en uno de los 4 tipos de tarea presentados. Esta categorización es realizada también en la corteza posterior (Pribram, 1991), por lo que no es extraño que el primer o segundo factor del ACP tuviera una distribución posterior, y no manifestara diferencias entre las tareas. A partir de este momento las tareas comienzan a diferenciarse y los procesos involucrados en cada una de ellas aparentemente se realizan en los lóbulos frontales, precisamente las áreas en las que encontramos diferencias entre tareas. De acuerdo con Pribram (1991), para cada tarea se estaría analizando lo covariante dentro de una misma categoría.

El hecho de que las diferencias encontradas entre las tareas en el rango de frecuencias δ sean frontales y que en las tareas en las que la concentración interna de los sujetos fue mayor hubo más actividad δ , nos lleva a plantear la posibilidad de que las neuronas colinérgicas de los núcleos de la base del cerebro anterior sean inhibidas por los lóbulos frontales, como ya sugerimos, puesto que existe la evidencia anatómica de la proyección del lóbulo frontal a estos núcleos (Mesulam y Mufson, 1984).

Las diferencias electroencefalográficas encontradas entre las tareas que utilizamos en nuestro experimento sugieren fuerte-

mente que los componentes involucrados en el cálculo son: comprensión del número, comprensión de los signos aritméticos, procesamiento de cómputo y representación espacial. Aunque las tareas propuestas por los neuropsicólogos permiten decidir qué componente del cálculo está afectado en un paciente, éstas no están analizando los componentes del cálculo en forma independiente. Consideramos que la tarea T1, además de explorar el componente espacial, explora todos los otros componentes propuestos, pues para realizar la suma de dos números decimales hay que comprender los números, reconocer los signos y realizar la operación que se requiera; la tarea T3, además de explorar el proceso de cómputo, explora los componentes relacionados con la comprensión de números y signos, y la tarea T4 explora la comprensión del número además de la comprensión del signo. Esta inclusión de los distintos componentes en las tareas usadas, sugiere la inclusión de unas tareas en otras como se representa en el siguiente diagrama de Venn:



Por lo tanto, los hallazgos electrofisiológicos encontrados en sujetos normales apoyan el diseño neuropsicológico para explorar déficits en el proceso del cálculo. Sin embargo, en su localización topográfica difieren de lo planteado para pacientes con lesiones cerebrales; esto pudiera deberse a que, ante la lesión de un sistema funcional complejo, existieran mecanismos compensatorios que oscurecieran el comportamiento fisiológico.

CONCLUSIONES

1) El diseño, que incluye la presentación aleatoria de las tareas, resultó adecuado para que las diferencias en los niveles de alertamiento quedaran uniformemente distribuidas entre las tareas, ya que no se observaron diferencias significativas entre las condiciones de reposo.

2) La variabilidad interindividual de la potencia enmascaró las diferencias electroencefalográficas que solamente pudieron observarse entre las tareas cuando se usaron las variables V_i y W_i , que reflejaban el cambio al pasar del reposo a la tarea i -ésimos.

3) Por un lado, el decremento de la actividad α fue general para todas las tareas en relación con su estado de reposo previo y se observó en todas las derivaciones y, por otro lado, en la banda α no se encontraron diferencias entre las tareas. Esto sugiere que el decremento de la actividad α obedece a un proceso más general que la activación de una red neural específica.

4) El ACP reveló, en las bandas δ , θ y β , la existencia de un factor cuyo peso máximo se encontraba en regiones posteriores y era común a todas las tareas. La activación de regiones posteriores pudiera corresponder a: a) el procesamiento de la información visual debido al tipo de presentación que se usó para los estímulos, b) la clasificación de la tarea en una de las cuatro categorías, y c) el proceso de cálculo *per se*.

5) Aunque en nuestra primera hipótesis proponíamos que los aspectos cognoscitivos deberían reflejarse en la banda β , las diferencias entre tareas que manifestaron la existencia de distintos componentes del cálculo se encontraron en el FACTOR5 de la banda β , para diferenciar a la tarea T2 de las restantes, en el FACTOR8 de la banda β , para diferenciar a T1 y T4 de T2 y T3, y en el FACTOR1 y el FACTOR7 de la banda δ para diferenciar a las tareas T1, T3 y T4 entre sí. Esto apoya el hecho de que nuestras tareas permiten diferenciar entre los componentes descritos en el proceso del cálculo por diferentes autores. Sin embargo, no podemos descartar que las diferencias entre tareas encontradas en la actividad δ se deban a distintos niveles de concentración interna.

6) Al usar las nuevas variables propuestas, las tareas que presentaron mayor actividad δ fueron T2 y T4, aquéllas en las que el sujeto mantenía la concentración interna sin necesidad de retroalimentarse con lo que se le presentaba en el monitor. Esto confirma la cuarta hipótesis propuesta.

BIBLIOGRAFIA

Alcaraz, V.M., Díaz de León, A.E., García, R., Guevara, M.A. y Ramírez, V. La dinámica de la actividad eléctrica cerebral en el curso de la composición de frases. *Revista Latina de Pensamiento y Lenguaje*, en prensa.

Altenmuller, E., Jung, J., Winker, T. y Landwehrmeyer, B. Premotor programming and cortical processing in the cerebral cortex. Electrophysiological correlates of hemispheric dominance. *Brain, behavior and evolution*, 1989, 33: 141-146.

Autret, A., Auvert, L., Laffont, F. y Larmande, P. Electroencephalographic spectral power and lateralized motor activities. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1985, 60: 228-236.

Ball, C.J., Gloor, P. y Schaul, N. The cortical electromicrophysiology of pathological delta waves in the electroencephalogram of cats. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1977, 43: 346-361.

Basar, E. EEG-Brain dynamics. Relation between EEG and brain evoked potentials. Elsevier, North Holland, Biomedical Press, 1980, 61-71.

Beaumont, J.G., Mayes, A.R. y Rugg, M.D. Asymmetry in EEG alpha coherence and power: effects of task and sex. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1978, 45: 393-401.

Becker, D., Creutzfeldt, O.D., Schwibbe, M. y Wuttke, W. Changes in physiological, EEG and psychological parameters in women during the spontaneous menstrual cycle and following oral contraceptives. *Psychoneuroendocrinology*, 1982, 7: 75-90.

Beyer, L., Weiss, T., Hansen, E., Wolf, A. y Seidel, A. Dynamics of central nervous activation during motor imagination. *Int. J. Psychophysiol.*, 1990, 9: 75-80.

Buchsbaum, M.S., Kessler, R., King, A., Johnson, J. y Cappelletti, J. Simultaneous cerebral glucography with Positron Emission Tomography and Topographic Electroencephalography. Brain ischemia: Quantitative EEG and imaging techniques. *Progress in Brain Research*, 1984, 62: 263-269.

Bunnell, D.E. Components of visual attentiveness in suppression of the occipital alpha rhythm. *Int. J. Neuroscience*, 1982, 17: 39-42.

Buzsáki, G., Bickford, R.G., Ponomaroff, G., Thai, L.J., Mandel, R. y Gage, F.H. Nucleus basalis and thalamic control of neocortical activity in the freely moving rat. *The Journal of Neuroscience*, 1988, 8: 4007-4026.

Calvet, J., Calvet, M.C. y Scherrer, J. Etude stratigraphique corticale de l'activité EEG spontanée. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1964, 17: 109-125.

Chatrian, G.E. Paroxysmal patterns in "normal" subjects. En *Handbook of Electroencephalography & Clinical Neurophysiology*, Amsterdam, Elsevier, 1976, 6A: 114-122.

Corsi-Cabrera, M., Herrera, P. y Malvido, M. Correlation between EEG and cognitive abilities: sex differences. *Int. J. Neuroscience*, 1989, 45:133-141.

Davidson, R.J., Chapman, J.P., Chapman, L.J. y Henriques, J.B. Asymmetrical brain electrical activity discriminates between psychometrically-matched verbal and spatial cognitive tasks. *Psychophysiology*, 1990, 27: 528-543.

Détári, L. y Vanderwolf, C.H. Activity of identified cortically projecting and other basal forebrain neurones during large slow waves and cortical activation in anesthetized rats. *Brain Research*, 1987, 437: 1-8.

De Toffol, B., Autret, A., Markabi, S. y Roux, S. Influence of lateralized sensorimotor and neuropsychological activities on electroencephalographic spectral power. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1990, 75: 200-206.

Dolce, G. y Waldeier, H. Spectral and multivariate analysis of EEG changes during mental activity in man. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 36: 577-584.

Donchin, E., Kutas, M. y Mc Carthy, G. Electro cortical indices of hemispheric utilization. En S. Harnad, R.W. Doty, L. Goldstein, J. Jaynes y G. Krauthamer (eds.). *Lateralization in the nervous system*, New York, Academic Press, 1977, 339-384.

Dostalek, C., Gharote, M.L. y Roldán, E. Agnisara and Chi-Rhythm in the EEG. *Yoga-Mimamsa*, 1983, 22: 42-50.

Earle, J.B.B. The effects of arithmetic task difficulty and performance level on EEG alpha asymmetry. *Neuropsychologia*, 1985, 23: 233-242.

Earle, J.B.B. Task difficulty and EEG alpha asymmetry: an amplitude and frequency analysis. *Neuropsychobiology*, 1988, 20: 96-112.

Earle, J.B.B. y Pikus, A.A. The effect of sex and task difficulty on EEG alpha activity in association with arithmetic. *Biological Psychology*, 1982, 15: 1-14.

Etevenon, P. Applications and Perspectives of EEG Cartography. En: F.H. Duffy (ed.) *Topography mapping of the brain*. Butterworth, Stoneham, 1986, 113-141.

Fernández, T., Harmony, T., Rodríguez, M., Reyes, A., Marosi, E. y Bernal, J. Test-retest reliability of EEG spectral parameters during cognitive tasks. I. Absolute and relative power, *Int. J. Neuroscience*, en prensa.

Gasser, T. A quantitative topographic component analysis for the EEG at rest. En *Statistics and topography in quantitative EEG*, Elsevier, Paris, 1988, 139-149.

Gasser, T., Bacher, P. y Möcks, J. Transformation toward the normal distribution of broad band spectral parameters of the EEG. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1982, 53: 119-124.

Gasser, T., Sroka, L. y Möcks, J. The transfer of EOG activity into the EEG for eyes open and closed. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1985, 61: 181-193.

Gevins, A.S., Bressler, S.L., Cutillo, B.A., Illes, J., Miller, J.C., Stern, J. y Jex, H.R. Effects of prolonged mental work on functional brain topography. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1990, 76: 339-350.

Gevins, A.S., Zeitlin, G.M., Doyle, J.C., Yingling, C.D., Schaffer, R.E., Callaway, E. y Yeager, C.L. Electroencephalogram correlates of higher cortical functions. *Science*, 1979a, 203: 665-668.

Gevins, A.S., Zeitlin, G.M., Yingling, C.D., Doyle, J.C., Dedon, M.F., Schaffer, R.E., Roumasset, J.T. y Yeager, C.L. EEG patterns during "cognitive" tasks. I. Methodology and analysis of complex behaviors. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1979b, 47: 693-703.

Glass, A. Mental arithmetic and blocking of the occipital alpha rhythm. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1964, 16: 595-603.

Goldstein, L. A reconsideration of right hemispheric activity during visual imagery, REM sleep, and depression. *Research Communications in Psychology, Psychiatry and Behavior.*, 1984, 9: 139-148.

Gotman, J., Ives, J.R. y Gloor, P. Frequency contents of EEG and EMG at seizure onset: possibility of removal of EMG artefact by digital filtering. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1981, 52: 626-639.

Grafman, J. Acalculia. En F. Boller y J. Grafman (eds.). *Handbook of Neuropsychology*. Vol. 1. Elsevier Science Publishers B. V., 1988.

Grafman, J. y Boller, F. A comment on Luria's Investigation of Calculation Disorders. *Journal of Neurolinguistics*, 1989, 4: 25-34.

Grafman, J., Passafiume, D., Faglioli, P. y Boller, F. Calculation disturbances in adults with focal hemispheric damage. *Cortex*, 1982, 18: 37-50.

Gundel, A. y Wilson, G.F. Topographical changes in the ongoing EEG related to the difficulty of mental tasks. *Brain Topography*, 1992, 5: 17-25.

Gutiérrez, S. y Corsi-Cabrera, M. EEG activity during performance of cognitive tasks demanding verbal and/or spatial processing. *Int. J. Neuroscience*, 1988, 42: 149-155.

Harmony, T. Neurometric assessment of brain dysfunction in neurological patients. *Functional Neuroscience 3*, Lawrence Erlbaum, Associates Publishers, Hillsdale, New Jersey, 1984.

Harmony, T., Marosi, E., Díaz de León, A.E., Becker, J. y Fernández, T. Effect of sex, psychosocial disadvantages and biological risk factors on EEG maturation. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1990, 482-491.

John, E.R., Prichep, L.S. y Chabot, R.J. Quantitative electrophysiological maps of mental activity. En Basar, E. y Bullock, T.H. (eds.). *Brain Dynamics 2*. Springer Verlag, Berlin, 1989, 316-330.

John, E.R., Ahn, H., Prichep, L., Trepetin, M., Brown, D. y Kaye, H. Developmental equations for the EEG. *Science*, 1980, 210: 1255-1258.

John, E.R., Prichep, L., Ahn, H., Easton, P., Fridman, J. y Kaye, H. Neurometric evaluation of cognitive dysfunctions and neurological disorders in children. *Progress in Neurobiology*, 1983, 21: 239-290.

Kakizaki, T. Relationship between EEG amplitude and subjective rating of task strain during performance of a calculating task. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 1984, 53: 206-212.

Kakizaki, T. Evaluation of mental task strain based on occipital beta activity and subjective rating of task difficulty. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 1985, 54: 466-470.

Keirn, Z.A. y Aunon, J.I. Man-machine communication through brain-wave processing. *IEEE Engineering in Medicine and Biology*, 1990, 55-57.

Klimesch, W., Pfurtscheller, G., Mohl, W. y Schimke, H. Event-related desynchronization, ERD-mapping and hemispheric differences for words and numbers. *Int. J. Psychophysiol.*, 1990, 8: 297-308.

Lang, W., Lang, M., Kornhuber, A., Diekmann, V. y Kornhuber, H.H. Event-related EEG spectra in a concept formation task. *Human Neurobiol.*, 1988, 6: 295-301.

Legewie, H., Simonova, O. y Creutzfeldt, O.D. EEG changes during performance of various tasks under open- and closed-eyed conditions. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1969, 27: 470-479.

Levin, H.S. y Spiers, P.A. Acalculia. En K.M. Heilman y E. Valenstein (eds.). *Clinical Neuropsychology* (Segunda Edición). Oxford University Press, New York, 1985, 97-114.

Luria, A.R. las funciones corticales superiores del hombre. Editorial Científico-Técnica, La Habana, 1982.

Mardia, K.V., Kent, J.T. y Bibby, J.M. *Multivariate Analysis*. Academic Press, London, 1979, 213-254.

McCloskey, M., Caramazza, A. y Basili, A. Cognitive mechanisms in number processing and calculation: evidence from dyscalculia. *Brain & Cognition*, 1985, 4: 171-196.

Merrin, E.L., Floyd, T.C. y Fein, E. Task-related EEG alpha asymmetry in schizophrenic patients prior to and after neuroleptic treatment. *Schizophrenia Res.*, 1988, 1: 283-293.

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

Mesulam, M.-M. y Mufson, E.J. Neural inputs into the nucleus basalis of the substantia innominata (Ch4) in the rhesus monkey. *Brain*, 1984, 107: 253-274.

Milner, B. y Petrides, M. Behavioural effects of frontal-lobe lesions in man. *Trends Neurosci. Nov.*, 1984, 403-407.

Mundy-Castle, A.C. The EEG and mental activity. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1957, 9: 643-655.

Papanicolau, A.C., Loring, D.W., Deutsch, G. y Eisenberg, H.M. Task-related EEG asymmetries: a comparison of alpha blocking and beta enhancement. *Int. J. Neuroscience*, 1986, 30: 81-85.

Petsche, H., Lacroix, D., Lindner, K., Rappelsberger, P. y Schmidt-Henrich, E. Thinking with images or thinking with language: a pilot EEG probability mapping study. *Int. J. Psychophysiol.*, 1992, 12: 31-39.

Petsche, H., Pockberger, H. y Rappelsberger, P. EEG topography and mental performance. En Duffy, F.H. (Ed). *Topography mapping of the brain*. Butterworth, Stoneham, 1986, 63-98.

Pfurtscheller, G. y Klimesch, W. Cortical activation pattern during reading and recognition of words studied with dynamic event-related desynchronization mapping. En K. Maurer (Ed). Topographic brain mapping of EEG and Evoked Potentials. Springer-Verlag, Berlin, 1989, 304-313.

Pollock, V.E., Schneider, L.S. y Lyness, S.A. EEG amplitudes in healthy, late-middle-aged and elderly adults: normality of the distributions and correlations with age. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1990, 75: 276-288.

Pollock, V.E., Schneider, L.S. y Lyness, S.A. Reliability of topographic quantitative EEG amplitude in healthy late-middle-aged and elderly subjects. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1991, 79: 20-26.

Pribram, K.H. *Brain and Perception: Holonomy and structure in figural processing*. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers Hillsdale, New Jersey, 1991.

Ramos, J., Corsi-Cabrera, M., Guevara, M.A. y Arce, C. EEG activity during cognitive performance in women. *Int. J. Neuroscience*, en prensa.

Ray, W.J. y Cole, H.W. EEG alpha activity reflects attentional demands, and beta activity reflects emotional and cognitive processes. *Science*, 1985, 228: 750-752.

Riekkinen, P., Buzsáki, G., Riekkinen, Jr., Soininen, H. y Partanen, J. The cholinergic system and EEG slow waves. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1991, 78: 89-96.

Rodin, E. Is a linked ears reference adequate for topographic EEG analysis? *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1990, 76: 373-375.

Roldán, P., Lepicovska, V., Dostalek, C. y Hrudova, L. Effects of breathing at a fast pace on the human EEG. *Activ. Nerv. Sup.* (Praha), 1980, 22: 124.

Steriade, M., Gloor, P., Llinás, R.R., Lopes da Silva, F.H. y Mesulam M.-M. Basic mechanisms of cerebral rhythmic activities. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1990, 76: 481-508.

Szymusiak, R. y McGinty, D. Sleep suppression following kainic acid-induced lesions of the basal forebrain. *Experimental Neurology*, 1986, 94: 598-614.

Tucker, D.M., Dawson, S.L., Roth, D.L. y Penland, J.G. Regional changes in EEG power and coherence during cognition: intensive study of two individuals. *Behavioral Neuroscience*, 1985, 99: 564-577.

Valdés, P., Bosch, J., Grave, R., Hernández, J., Riera, J., Pascual, R. y Biscay, R. Frequency domain models of the EEG. *Brain Topography*, 1992, 4: 309-319.

Volavka, J., Matousek, M. y Roubícek, J. Mental arithmetic and eye opening. An EEG frequency analysis and GSR study. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1967, 22: 174-176.

Warrington, E.K. The fractionation of arithmetical skills: a single case study. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1982, 34 A: 31-51.