



UNIVERSIDAD ANAHUAC

**ESCUELA DE PSICOLOGIA
CON ESTUDIOS INCORPORADOS
A LA U. N. A. M.**

//
rej

**CORRELATOS ELECTROENCEFALOGRAFICOS DURANTE LA
EJECUCION DE TAREAS COGNOSCITIVAS.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

LICENCIADO EN PSICOLOGIA

P R E S E N T A :

SONIA MA. GUTIERREZ - OTERO LOPEZ

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

MEXICO, D. F.,

1986



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 está 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.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

I N D I C E -

	Págs.
RESUMEN	1
INTRODUCCION	5
MARCO TEORICO	10
I. Estudios con lesión cerebral	10
II. Estudios con comisurotoma	13
III. Anestesia cerebral	17
IV. Medición del flujo sanguíneo cerebral	18
V. Lateralización conductual	21
VI. Estudios con presentación a ambos campos visuales	24
VII. Estudios que utilizan registros electroencefalográficos	36
1. Análisis de frecuencias	36
2. Potenciales evocados	47
3. Coherencia interhemisférica	48
TRABAJO EXPERIMENTAL	52
I. Introducción	52
II. Hipótesis	53
III. Diseño experimental	54
IV. Sujetos	58
V. Procedimiento	60
VI. Obtención y análisis de datos	65

1.- Captura de la señal	66
2.- Análisis de la señal	87
a) Análisis de la Potencia Electroencefalográfica	87
b) Análisis de correlación cruzada	88
3.- Ejecución en las Tareas	89
VII. Análisis estadístico	70
RESULTADOS	72
CONCLUSIONES	91
APENDICE	100
BIBLIOGRAFIA	113

- R E S U M E N -

En los últimos años se han publicado numerosas investigaciones sobre la especialización del hemisferio izquierdo de los diestros en el procesamiento de información lógico-analítica y del hemisferio derecho en tareas espaciales. Sin embargo, no toda la información que manejamos en la vida diaria tiene esas características; más bien la mayor parte requiere de la combinación de los dos procesamientos y por lo tanto del trabajo coordinado de los dos hemisferios. El objetivo del presente trabajo es investigar el comportamiento de ambos hemisferios durante la solución de una tarea combinada o mixta en comparación con una tarea lógico-analítica y con una espacial.

En el proyecto participaron 8 sujetos voluntarios del sexo masculino entre 20 y 24 años de edad, todos diestros. Se registró y se grabó la actividad electroencefalográfica (EEG) de la corteza parietal (P3 y P4), referida a la cresta mastoidea en reposo con los ojos abiertos y cerrados y durante la solución de las tareas. Estas consistieron en 3 series de 7 reactivos presentados en forma contrabalanceada y dentro de cada una contrabalanceado el orden de los reactivos. Estos se seleccionaron de manera que su solución tardara por lo menos 20 segundos.

Se obtuvo la potencia del Alfa y la correlación cruzada de las bandas alfa, beta y theta de muestras de 2.5 segundos en las siguientes condiciones: al principio del estímulo (2 segs. después de presentado el reactivo) y al final del estímulo (5 segs. antes

de que el sujeto diera la respuesta). Las respuestas de los sujetos se dividieron en aciertos y errores para el análisis.

Se hizo un análisis de varianza de 2 factores (factor A# hemisferios, factor B# tareas) y se encontró que la potencia relativa de beta al final de la tarea cambió significativamente en la dirección esperada de acuerdo con la hipótesis de especialización hemisférica: en las 3 tareas aumentó en ambos hemisferios significativamente respecto a la línea base y la diferencia entre izquierdo y derecho fué también significativa; durante la tarea y al final la potencia relativa de beta fue mayor en el hemisferio izquierdo durante la exacta en el derecho y durante la imita fue igual en ambos lados.

La potencia relativa de alfa disminuyó en todas las condiciones respecto a la línea base, siendo significativa la diferencia entre condiciones al principio y al final del estímulo. Esta aumentó significativamente sólo al final del estímulo, no hubo diferencias entre hemisferios ni para alfa ni para beta.

El aumento de la potencia relativa de beta sobre la línea base durante la solución de las tareas se interpreta en términos de mayor activación cerebral en relación a la distribución de tareas que asumimos como de "inactividad" positiva; la presencia de alfa se ha considerado por algunos autores como indicativa de poca actividad neuronal por lo que la atenuación de este ritmo durante la solución de tareas constructivas está de acuerdo con este hecho.

No se reflejaron diferencias electroencefalográficas entre aciertos y errores en la potencia relativa de ninguna de las bandas, pero sí en la correlación interhemisférica de beta en la tarea verbal, en donde se observa mayor coherencia en los errores que en los aciertos. El hecho de que exista menos coherencia en los aciertos podría estar reflejando un mejor aprovechamiento de las capacidades propias de cada hemisferio, contra el uso indiscriminado o masivo de todo el cerebro durante los errores.

En condición de reposo se corroboraron los resultados de estudios anteriores en los que se ha observado un incremento de alfa y disminución de beta, así como mayor potencia relativa de alfa en descanso con ojos cerrados en comparación con ojos abiertos.

No se encontraron diferencias entre los silencios posteriores a cada tarea.

Con base en los resultados obtenidos en la potencia relativa de beta durante la solución de las tres tareas se confirma la teoría de especialización hemisférica y se considera a esta banda como la más sensible a cambios en el procesamiento de diferente tipo de información.

Se sugiere la realización de investigaciones acerca del significado de la potencia relativa de theta en relación con la solución de tareas auditivas.

Debido a que no se reflejaron diferencias en la actividad electroencefalográfica del procesamiento entre aciertos y errores,

se propone que las características individuales, tales como la estrategia utilizada por el sujeto o su estilo cognoscitivo podrían ser las responsables de la diferencia en el desempeño de tareas cognoscitivas.

- INTRODUCCION -

En los últimos 20 años se ha intensificado el número de investigaciones y experimentos que contribuyen al conocimiento del cerebro. Han surgido gran cantidad de áreas de interés y todas tratan de aportar soluciones a la misma pregunta: ¿cuál es la organización funcional del cerebro?

Una de las áreas de investigación de mayor actualidad -el estudio del funcionamiento de los hemisferios cerebrales- ha aportado información muy valiosa para ayudar a responder esta pregunta. Numerosos experimentos que se mencionan más adelante sugieren que cada hemisferio cerebral está involucrado en procesos mentales diferentes. Esta hipótesis surgió al observar a personas con lesión neuronal que mostraban la pérdida de funciones específicas y diferentes de acuerdo al hemisferio en donde se localizara la lesión; posteriormente, en pacientes con el cuerpo calloso seccionado (cerebro dividido) para efectos de tratamiento contra la epilepsia, se pudo estudiar separadamente cada hemisferio y se encontraron diferencias cualitativas en su funcionamiento.

Estas aportaciones dieron lugar a investigaciones controladas en sujetos intactos, en los cuales, sin ningún antecedente patológico y sin efectos de una alteración previa, se pudo detectar el mayor involucramiento de un hemisferio en cierto tipo de actividad.

Como marco teórico para el presente trabajo se expondrá el

material que nos ha parecido el más relevante de las distintas aproximaciones al estudio de este tema con sus postulados principales y las hipótesis que en cada caso se formulen.

Estas aproximaciones han sido muy variadas: a) estudios puramente conductuales, tales como la preferencia y habilidad en el uso de un lado del cuerpo; b) estudios de participación hemisférica durante el procesamiento de información mediante la proyección de estímulos visuales a un lado del cerebro; c) estudios que miden la mayor participación de un hemisferio durante la realización de una tarea específica mediante el aumento de su actividad metabólica, por ejemplo la cuantificación del flujo sanguíneo cerebral; d) estudios que nulifican la participación de un hemisferio cerebral mediante anestesia local y e) la electroencefalografía.

En el análisis de la actividad electroencefalográfica (eeg) se utilizan a su vez diferentes parámetros de medición que se expondrán posteriormente en forma más amplia y que a continuación se citan: a) experimentos con potenciales evocados; b) análisis de frecuencias electroencefalográficas presentes en cada hemisferio, ya sea con la medición de la amplitud de las ondas, de la potencia de la señal o de la presencia de un ritmo en el tiempo; c) el estudio de la asimetría de frecuencias entre zonas cerebrales homólogas y d) la investigación de una mayor o menor coherencia electroencefalográfica entre dos áreas cerebrales.

Utilizando las técnicas mencionadas en sujetos ínteros, se han obtenido algunos resultados concordantes con los obtenidos mediante las observaciones originales en sujetos no ínteros. Esto es, un hemisferio cerebral participa más en un tipo de tareas que el otro dependiendo del tipo de información que aquella contiene.

En general, al hemisferio derecho (HD) en sujetos diestros se le ha atribuido el procesamiento de información espacial (Ardila y Benavides, 1976), análisis de formas (Kimura, 1966), percepción de profundidad (Dunford, 1971), reconocimiento de caras (Ellis y Shepherd, 1975; R. Lee y P. Bruden, 1979), apreciación musical (Siddis, 1970), percepción de sonidos con contenido emocional (Carmon, 1973) y otras funciones que requieren de un análisis global o "gestáltico" de la información y al hemisferio izquierdo (HI) el procesamiento del lenguaje y de información que requiere de procesamiento lógico/análítico o de abstracción (Butler y Glass, 1974; Dowle y col., 1974). Tomlinson y Kelly (1979) entre otros, mencionan que el HD se especializa en tareas globales y gestálticas y que el HI es un procesador analítico.

Sin embargo, debido a la variabilidad de los métodos utilizados en el estudio de la especialización hemisférica, no se han logrado los mismos resultados en todos los casos y en ocasiones éstos son contradictorios entre sí. Podemos pensar que las diferencias en los resultados se deben a las diversas técnicas utilizadas, a la metodología, al tipo de tareas, a di

ferencias en la muestra; a controles específicos en cada investigación o aún al análisis de los resultados. Por lo tanto, no son despreciables más investigaciones en este campo, pues es necesario definir cuantitativa o cualitativamente las diferencias en el funcionamiento hemisférico y hasta qué grado existen o no.

Gran parte de las investigaciones realizadas hasta el momento enfatizan la dominancia de un hemisferio sobre el otro ante una tarea marcadamente especializada y que requiere de un procesamiento mental muy específico. Asumiendo que existe tal diferencia, queda por saber qué sucede en tareas no tan especializadas, o sea, tareas mixtas que requieren del procesamiento conjunto de ambos hemisferios?

La presente investigación está planeada para dar respuesta a esta pregunta, al utilizar, como en experimentos anteriores, tareas que requieren de un procesamiento mental específico (verbal o espacial) y añadiendo una tarea mixta, que se asume requiere de la intervención de la recortada de ambos hemisferios cerebrales.

Resulta necesario determinar si la lateralización de funciones es válida en el desempeño de este tipo de tareas o si por el contrario el cerebro funciona en forma global. Beaumont y Rimond (1971) realizaron un experimento de apareamiento de figuras en el que se utilizaron 3 tipos de presentación diferente: a) ambos estímulos divididos al campo visual derecho

(CVD), b) ambos divididos al campo visual izquierdo (CVI) y -
c) un estímulo dirigido al CVD y el otro al CVI. Encontraron
que con la presentación a ambos hemisferios simultáneamente
la ejecución era mejor que cuando se presentaba un estímulo a
cada hemisferio, o sea que la participación de ambos hemisfe-
rios fué lo mejor para lograr un desempeño óptimo.

- M A R C O T E O R I C O -

1. ESTUDIOS CON LESION CEREBRAL.

El estudio de las alteraciones conductuales producidas por efectos de lesión en la corteza cerebral es quizás la primera evidencia de la diferenciación de funciones de los hemisferios. Las implicaciones más importantes son las que resultan de los estudios realizados por Broca desde 1861 acerca de la localización del centro del lenguaje. Su descubrimiento surgió por la observación de dos pacientes que presentaban dificultad al hablar y quienes en un examen postmortem mostraron daño cerebral similar, localizado en la tercera circunvolución frontal del HI (conocida actualmente como áreas de Broca); esto hizo pensar a Broca que esta región estaba implicada en la capacidad de hablar (Broca 1861).

En la mayor parte de las personas diestras que pierden la capacidad de hablar o presentan alteraciones del lenguaje después de una lesión cerebral, ésta se ha localizado en el hemisferio izquierdo. Por lo tanto, se ha considerado que su centro del lenguaje está en ese hemisferio. Davis y Wade (1976) informan que aparentemente algunas personas sordas presentan la dominancia del lenguaje en el hemisferio izquierdo aunque la proporción no es tan alta como en los diestros. En capítulos posteriores se encontrará mejor información de las diferencias en el funcionamiento entre personas diestras y sordas.

Del mismo modo que para el hemisferio izquierdo (HI), se han estudiado los efectos posteriores a lesiones en el HD y los resultados obtenidos sugieren la existencia de una especialización hemisférica pues una lesión localizada en un hemisferio no produce las mismas deficiencias que una lesión similar en la zona homóloga del otro hemisferio.

En general se ha visto que las personas con lesión cortical del HD presentan problemas en cuanto a procesamiento de información visoespacial (Hecaen y col. 1956). Por ejemplo Ratcliff (1977) le presentó a personas con diferentes tipos de lesión en el HD y a personas sanas, una figura de un hombre con un objeto en una de las manos, el sujeto tenía que decir qué mano, izquierda o derecha, era la que sostenía el objeto. La figura era presentada en diferentes posiciones: de pie, de cabeza, y a veces de frente o de espaldas por lo que la respuesta variaba de un ensayo a otro.

El encontró que los sujetos con lesión en el HD tenían más errores que los sujetos intactos, por lo que considera que este hemisferio está involucrado en el manejo de información visoespacial, pues la tarea requiere de rotación mental de la figura antes de decidir qué mano es la correcta.

Sin embargo, es necesario tomar en cuenta que los sujetos con lesión cerebral no son representativos de la población total normal, como Ratcliff (1977) postula, las deficiencias de estos sujetos en la prueba podrían deberse al fallo en la percepción

visual, fallas en la memoria, dificultad en las relaciones espaciales o a problemas de solución por el desuso de tal hemisferio.

Bavis y Wada (1978) opinan que los resultados de pacientes con lesión cerebral no son aplicables a sujetos normales pues se desconocen las anomalías a largo plazo y los mecanismos compensatorios posteriores a la lesión; además, dicen que la dominancia del lenguaje se ha medido en función de la interrupción del proceso, cuando un sistema intacto debe operar en forma diferente.

Por lo tanto, la observación de las alteraciones de pacientes con lesión cerebral ha servido para crear hipótesis acerca de la especialización hemisférica de funciones y posteriormente se han probado en sujetos íntegros, utilizando técnicas y controles especiales.

II. ESTUDIOS CON COMISURATOMÍA

El estudio del papel funcional de las comisuras o grupos de fibras nerviosas que unen a los 2 hemisferios ha aportado información muy útil al estudio de la dominancia hemisférica cerebral. Existen varias comisuras cerebrales: la comisura anterior, la comisura posterior, la masa intertalámica y el cuerpo calloso o gran comisura cerebral. Esta última es la que ha adquirido mayor importancia debido a su gran tamaño y a su posición. El cuerpo calloso forma conexiones entre centros paralelos de la corteza cerebral, la cual es la zona de integración de las funciones mentales superiores en el hombre (Thomson, 1973).

El cuerpo calloso es el principal punto de unión entre los hemisferios y desempeña un papel fundamental en la coordinación de información entre ambos.

Sperry (1961) comenzó sus investigaciones acerca del cuerpo calloso utilizando la técnica de separar los hemisferios quirúrgicamente seccionándolo (comisurotomía) quedando un "cerebro dividido", de tal forma que puede estudiarse cada mitad del cerebro separadamente.

Inicialmente Sperry realizó estudios utilizando gatos y monos (1964), en estos estudios seccionó el cuerpo calloso y el quiasma óptico del animal, de manera que la información visual presentada a un ojo solo llegaba al hemisferio cerebral del mismo lado de la cabeza. Cuando el animal era entrenado para re-

solventar un problema con un solo ojo podía aprender a solucionarlo y a ejecutarlo correctamente, si se cubría este ojo y se presentaba el mismo problema al otro ojo, el animal reaccionaba como si nunca hubiera visto el problema dado y tenía que aprender nuevamente a solucionarlo con 'el otro lado del cerebro'.

Sperry concluyó que la transferencia de aprendizaje y memoria de un hemisferio a otro ocurre solamente en aquellos animales que tienen el cuerpo calloso intacto y no en aquellos que tienen el cuerpo calloso seccionado.

Además, a causa de la independencia de las dos mitades del cerebro, fue posible estudiar las funciones de cada una ante una situación dada. Sperry logró entrenar a los animales de manera que la solución que daba un hemisferio al problema fue diferente a la solución que daba el otro hemisferio al mismo problema, o sea, que cada mitad mantiene intacta su organización interna, el flujo de mensajes sensoriales y la salida de órdenes motoras, y cada uno tiene la potencialidad de realizar las funciones de un cerebro completo (Sperry, 1964).

Debido a que se observó que los animales con el cuerpo calloso seccionado no presentan grandes alteraciones a sus capacidades sensoriales, motoras y 'mentales' esta cirugía se comenzó a realizar en personas con padecimientos de epilepsia severa; en los cuales, al cortar la comunicación interhemisférica se evita la difusión de la descarga epileptógena de un hemisferio a otro de manera que la crisis afecta a uno solo.

Uno de los aspectos más interesantes que se puede estudiar en los pacientes que han sido sometidos a esta intervención quirúrgica, es la posibilidad de estudiar el efecto que sobre el comportamiento ejerce cada hemisferio por separado.

Aparentemente la cirugía no produce cambios de temperamento, personalidad o inteligencia, sin embargo mediante estudios más específicos se han identificado las principales características del síndrome de cerebro dividido. Una de las pruebas utilizadas examina respuestas a estímulos visuales, pero debido a que en estos pacientes el quiasma óptico permanece intacto, fue necesario idear una técnica con la que la información llegara a uno solo de los hemisferios. La técnica consiste en presentar información visual a uno de los campos visuales -izquierdo o de recho- y por lo tanto a un solo hemisferio de tal manera que la información queda ignorada por el hemisferio ipsilateral al campo visual al que se dividió la información.

Con base en esta técnica se encontró que cuando un objeto es mostrado al hemisferio dominante (HI en personas diestras), los pacientes pueden describirlo en forma oral o escrita pero cuando el mismo objeto es presentado al III, el sujeto no puede describirlo verbalmente, sin embargo el individuo sí puede seleccionarlo entre un grupo de objetos (Sperry, 1973). Cuando se presenta un mensaje escrito al hemisferio izquierdo el paciente lo puede leer y también resolver problemas de cálculo numérico (Gazzaniga, 1967).

Las características de un sujeto con el cuerpo calloso seccionado, de acuerdo con la descripción de Gazzaniga y Hillard (1973) son entre otras: incapacidad de leer todo lo que se presenta sobre su campo visual izquierdo; incapacidad total para escribir con su mano izquierda, aunque el sujeto sí puede reconocer con esa mano algunas letras y palabras simples como 'que', 'quien', 'como', etc.; incapacidad para describir de manera verbal la información presentada a su mano o campo visual izquierdo y si la información es capaz de producir una reacción emocional, la persona la experimenta, aunque no puede verbalizar qué la ha producido.

Serra (1973) describe al sujeto con comisurotomía diciendo que su HD aparentemente desconoce el lenguaje. Puede reconocer con la mano izquierda el nombre escrito de un objeto presentado a su campo visual izquierdo pero no es capaz de verbalizarlo ni describirlo oralmente. Mas aún, parece que el sujeto no sabe lo que sucede en la región izquierda de su cuerpo pues al preguntársele si sabe lo que ha realizado con ella es incapaz de dar alguna explicación.

Serra (1973) opina que en una persona con el cerebro dividido cada hemisferio parece tener capacidades independientes las cuales son cualitativamente distintas. Sin embargo, en situaciones no experimentales sus dos hemisferios trabajan en forma complementaria aportando cada uno sus capacidades propias.

III. ANESTESIA CEREBRAL

Wada (1949) diseñó un método para interrumpir temporalmente la actividad de uno de los hemisferios cerebrales. Esta técnica se ha empleado fundamentalmente en casos de neurocirugía con el fin de determinar de antemano el hemisferio en que se encuentra localizado el lenguaje, para conocer las alteraciones que sufriría el paciente como consecuencia de la ablación de una región cortical. Posteriormente se han estudiado las consecuencias de la ausencia de uno de los hemisferios cerebrales sobre el comportamiento (Davis y Wada, 1977).

El método consiste en introducir amital sódico en la arteria carótida izquierda o derecha con el fin de interrumpir temporalmente la actividad de un hemisferio; cada rama de la arteria carótida irriga uno de los hemisferios cerebrales, con lo que es posible "interrumpir" la actividad de uno mientras el otro permanece normalmente activo. Si el hemisferio anestesiado es dominante con respecto al lenguaje, el paciente permanece mudo por varios minutos, después de los cuales retorna a su funcionamiento normal. Anestesiando el hemisferio no dominante no se observa una alteración en el lenguaje, pero el sujeto puede presentar alteraciones como: orientación inadecuada, dificultad en el reconocimiento de personas (prosopagnosia) y de melodías (amusia), errores en la solución de tareas espaciales, etc. (Ardila, 1979).

Este es uno de los métodos de detección de la dominancia del

lenguaje más válidos y confiables (Davis y Wada, 1977); aunque su uso se limita a pacientes candidatos a cirugía cerebral pues no es justificable en sujetos normales (Davis y Wada, 1978).

IV. MEDICION DEL FLUJO SANGUINEO CEREBRAL

Otro indicador de la actividad dominante de los hemisferios es la medición del flujo sanguíneo cerebral mediante la inhalación de Xenón 133. Esta técnica fue implementada por Lassen, Ingvar y Skinhoj en 1961.

Este gas es un isótopo radiactivo del gas inerte Xenón. La técnica consiste en diluirlo en suero fisiológico estéril y se inyecta un pequeño volumen (de 2 a 3 ml que contienen de 3 a 5 millicuries de radiactividad) en las principales arterias que irrigan el cerebro. La llegada y la desaparición inmediata del isótopo en las diferentes regiones del cerebro se monitorea mediante una cámara de rayos gamma con detectores de centelleo. La información procedente de estos detectores se procesa digitalmente y se proyecta en un monitor a color; a cada intensidad de flujo corresponde un color o matiz diferente. Esta técnica proporciona una imagen de la actividad de la corteza cerebral medida en términos de la cantidad de flujo sanguíneo.

Lassen y col. (1978) se basan en el hecho de que el flujo

sanguíneo a través de los tejidos del cuerpo varía con la intensidad del metabolismo y el grado de actividad funcional de los mismos; por lo que asumen que en el tejido cerebral sucede lo mismo.

Ellos encontraron aumento en el flujo sanguíneo en las siguientes áreas y al realizar las siguientes tareas: al abrir el sujeto los ojos y mirar un objeto se registra un incremento en el flujo correspondiente a la corteza de asociación visual (lóbulo temporal y occipital); la estimulación auditiva sin significado aumenta el flujo en la parte superoposterior del lóbulo temporal; al presentar palabras simples como 'bana' y 'zoom' se activa aún más; estímulos verbales más complejos provocan aumento del flujo sanguíneo en la parte inferoposterior del lóbulo frontal (área de Broca); los movimientos voluntarios de la mano provocan aumento de flujo en el área de la mano de la corteza motora primaria del hemisferio contralateral a la mano examinada.

Aún más, estos investigadores también encontraron que durante la verbalización de palabras, ambos hemisferios presentan aumento en el flujo sanguíneo; este resultado implica que de algún modo el hemisferio derecho también se encuentra involucrado en el procesamiento del lenguaje.

Gur y Reivich (1980) encontraron que el flujo sanguíneo muestra cambios diferenciales entre los dos hemisferios durante la

Ejecución de tareas que requieren de un procesamiento verbal no tándose mayor incremento de flujo sanguíneo en el hemisferio izquierdo que en el derecho en relación con la línea base.

Gustafson (1978) encontró una relación entre el flujo sanguíneo y la capacidad funcional del cerebro. El midió la cantidad de flujo en pacientes de 50 a 70 años de edad con demencia senil que presentaban alteraciones en el lenguaje y encontró una reducción marcada del flujo en el hemisferio izquierdo.

Esta técnica provee resultados muy confiables y fácilmente observables, sin embargo, por ser un material radiactivo, su uso no es recomendable en grandes muestras de sujetos, reduciéndose a sujetos candidatos a arteriografía cerebral lo que limita los resultados a una población muy pequeña. Sin embargo, tal como opina Lassen (1979) nosotros creemos que la medición del flujo sanguíneo cerebral es una técnica muy útil para la comprensión del funcionamiento de la corteza cerebral durante el desempeño de actividades sensoriales, motoras y mentales.

V. LATERALIZACION CONDUCTUAL

Se ha postulado que la lateralización cerebral tiene influencias en aspectos de la conducta motora. Por ejemplo, Kinsbourne y Cook (1971) realizaron un experimento en el que cuando una persona equilibraba un clavo sobre un dedo con la mano derecha y se le pedía que al mismo tiempo hablara, su ejecución empeoraba; por el contrario, si usaba la mano izquierda al mismo tiempo que verbalizaba, el tiempo de balanceo aumentaba. La dificultad de los sujetos de realizar la tarea de balanceo con la mano derecha la interpretan diciendo que las dos actividades -la tarea motora y la verbalización- eran controladas por el mismo hemisferio, por lo cual se produce una interferencia en la ejecución.

Mc Farland, K. y Ashton R. (1975) objetan que el estudio de Kinsbourne carecía de varios controles: a) no comparan el tiempo de balanceo con la realización de una tarea espacial si no únicamente con la tarea verbal; b) su condición control -el balanceo- no implica actividad cognitiva, lo que no asegura que el sujeto no esté 'pensando' sea sea verbal o espacialmente y c) al permitir a los sujetos ver lo que hacían, obtenían retroalimentación con información visoespecial por lo que se podrían haber acrecentado las diferencias en la dirección esperada. Estos autores realizaron un estudio en el que utilizaban una tarea motora que consistía en presionar un botón, la cual no requería que el sujeto observara su ejecución; al mismo tiempo que el sujeto oprimía el botón con la mano izquierda, realizaba

una tarea espacial y al utilizar la mano derecha se le pedía que ejecutara una tarea verbal. Encontraron que tanto la tarea verbal como la espacial afectaron la ejecución de la tarea motora, pero en niños de 9 años de edad la actividad verbal no afectó a la tarea realizada. Concluyen que la situación no es tan simple como la describen Kinsbourne y Cook y susieren que es necesario más investigación para encontrar la relación entre la ejecución de la tarea y otros factores cognoscitivos que intervienen en el desempeño.

Se ha dicho que el punto al que dirige la mirada un sujeto al estar resolviendo un problema se correlaciona con la asimetría cerebral; sujetos diestros orientan más su mirada hacia la derecha ante preguntas verbales y tienden a mirar más hacia arriba ante preguntas numéricas, y hacia arriba y a la izquierda ante problemas espaciales (Schwartz y col., 1975).

Como otra medida conductual de la lateralización se ha tomado la preferencia de los individuos a utilizar más un lado del cuerpo. Se observa qué mano, ojo y pie utilizan espontáneamente ante tareas comunes, tales como cepillarse los dientes, patear una pelota, ver a través de un microscopio, escribir, etc. Pruebas estandarizadas de lateralización conductual califican al sujeto como diestro o zurdo según el número de conductas realizadas por un lado del cuerpo (Annett, 1967; Humes, 1951; Annett, 1970; Oldfield, 1971; Benton, Meyers y Poulder, 1962).

Sin embargo, aún no es muy clara la relación cerebral-motora

en los sujetos zurdos. Beaumont (1974) ha sugerido que los zurdos tienen muchas unidades neuronales de baja especificidad, es lo es, que la lateralización de sus funciones es menos específica y debido a esta distribución más amplia obtienen ventajas en la solución de tareas en relación con el sujeto diestro. Este autor encontró que la latencia de respuesta de los sujetos zurdos fue más baja durante una tarea de apareamiento de figuras y tuvieron un porcentaje mayor de respuestas correctas que los diestros (Beaumont y Diamond, 1975).

Una hipótesis también basada en la baja especificidad funcional del zurdo es la que Levy postula en 1969 diciendo que en estos sujetos existe una localización más difusa del lenguaje entre los hemisferios, por lo que se produce una interferencia entre esta función y habilidades perceptuales. Este autor encontró que la ejecución de los sujetos zurdos en tareas perceptuales era más deficiente que la de los diestros y postula que los primeros sacrifican la función visoespacial en el hemisferio menor (no dominante) a causa de la poca especialización del proceso lingüístico. Cohen (1972), aplicó dos tareas: una que requería un procesamiento lógico analítico y otra que requería un procesamiento espacial a sujetos diestros y zurdos. En los sujetos diestros el procesamiento verbal fue más rápido al presentarlo al hemisferio izquierdo y el espacial al hemisferio derecho, sin embargo, en los sujetos zurdos no encontró relación entre el campo visual utilizado y el tiempo de reacción, lo que nos habla de una menor especialización en el sujeto zurdo.

Una visión más generalizada es la que muestran Arnett y Turner (1974), quienes suponen que los sujetos zurdos se distribuyen en 2 poblaciones: a) una que no se diferencia de los diestros y b) otra que es deficiente en habilidades intelectuales y cognitivas. Ellos encontraron que al clasificar a niños zurdos y diestros en base a sus habilidades, una alta proporción de zurdos se concentró en el extremo más bajo de la escala de habilidades. Tratando de proveer estos resultados, Hardock (1977) realizó una investigación similar y no encontró diferencias significativas en la distribución de niños zurdos en una escala de ejecución intelectual. Sin embargo, este autor no descarta la hipótesis de Arnett y Turner, pues opina que sería una explicación alternativa a los resultados contradictorios obtenidos entre ambos grupos. Advierte que probablemente sus resultados no concordaron debido a diferencias en la metodología y por el punto de vista desde el que se analizaron los resultados.

Contrariamente a la creencia general, Davis y Wade (1977 y 1978) encontraron que la preferencia manual no se relaciona significativamente con la dominancia del lenguaje, por lo que algunos sujetos diestros presentan tal dominancia en el HD y viceversa. Ellos se basan en un estudio en el que dividieron a los sujetos en base a su preferencia manual mediante un cuestionario y después fueron sometidos a un método para determinar la dominancia del lenguaje. El método consiste en medir la coherencia intrahemisférica de potenciales evocados de las áreas Central y Occipital en cada hemisferio, en función de la semejanza

en la forma del potencial. Encontraron que un hemisferio mues - tra más coherencia entre los potenciales de ambas zonas (C y O) ante la presentación de un 'click', mientras que el otro ante la presentación de un flash. Compararon sus resultados con los obtenidos mediante anestesia cerebral con amital sódico y encon - traron una correlación entre el hemisferio asociado con el len - guaje según la prueba de anestesia y el hemisferio que presenta más coherencia ante el 'click'; el hemisferio no dominante para el lenguaje se asoció con acúst de mayor coherencia ante la pre - sentación de un 'flash'.

Los autores describen que la técnica de anestesia cerebral es un 95% eficaz para localizar el hemisferio especializado en el lenguaje; en relación a esto, su método con potenciales evocados resultó ser un 90% eficaz y mencionan que mediante la pre - ferencia manual se predijo la dominancia del lenguaje sólo en un 50% de los casos.

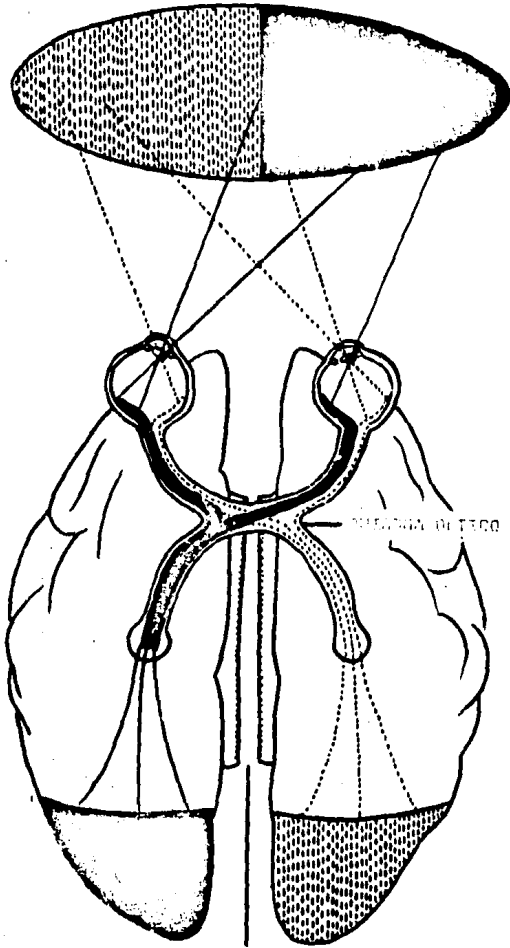
Es importante tomar en cuenta la magnitud de estos resulta - dos, pues la preferencia manual se ha considerado una variable control en la realización de experimentos de especialización he - misférica y es posible que tal control hasta ahora haya estado basado en conjeturas falsas.

VI. ESTUDIOS CON PRESENTACIONES A CADA CAMPO VISUAL

Con base en los estudios iniciales en sujetos con el cuerpo calloso seccionado, se ha estudiado la participación hemisférica en la solución de tareas consoativas en sujetos normales. Una técnica totalmente inocua permite controlar que la información visual que llega a un hemisferio no sea percibida por el otro, tal como ocurre en pacientes con comisurotoma. Mediante esta técnica los estímulos de prueba son dirigidos a uno de los dos campos visuales - derecho o izquierdo (CVI, CUI) - y por lo tanto a cada uno de los hemisferios cerebrales.

Las bases de la técnica son fácilmente comprensibles conociendo la estructura de la vía visual que se presenta en la figura # 1 en donde se muestra la forma en que la información de cada campo visual viaja desde el ojo a la corteza en cada hemisferio. La técnica consiste en colocar cuatro pantallas de proyección frente al sujeto en cuestión; éste debe mantener la vista en un punto fijo en medio de las 4 pantallas. De este modo, los estímulos presentados en las pantallas 1 y 3 son dirigidos a los dos hemisferios visuales, el externo del ojo izquierdo y el interno del derecho y únicamente son captados por el hemisferio derecho (HD). Los estímulos de las pantallas 2 y 4 llegan a la parte externa del ojo derecho y a la interna del izquierdo o sea al hemisferio izquierdo (HI).

Por lo tanto, con esta técnica se pueden presentar estímulos visuales al CVI o al CUI con el fin de que la información



CORPUS CALLOSUM

CORPUS CALLOSUM COMMISSURE

llesco a uno solo de los hemisferios. Técnicas más modernas utilizan unos anteojos que cubren los hemisferios visuales mediante placas móviles que se colocan en la mitad izquierda o derecha de ambos ojos evitando así entre la información a uno de los hemisferios.

En este tipo de experimentos se ha tomado como medida de lateralización de funciones el tiempo de reacción para dar la respuesta a los estímulos y errores durante la ejecución de la tarea. El tiempo de reacción como medida de especialización hemisférica no siempre es la más adecuada, sobretudo cuando el procedimiento requiere de respuestas habladas de parte de los sujetos como de este modo, al tener que dar una respuesta verbal, la superioridad del hemisferio no dominante se desvirtúa, aún cuando el procesamiento de la información se haya realizado en tal hemisferio. Sin embargo, es una medida que permite uniformidad en el desempeño de los sujetos ante diversas tareas.

Los resultados que se han obtenido en este campo se han inclinado hacia la suposición de que el hemisferio izquierdo en sujetos diestros es más afectivo en el desempeño de tareas constructivas secuenciales, lógicas, que requieren de un procesamiento analítico y además, por su relación con la actividad verbal, también se considera superior en la ejecución de tareas verbales.

Por ejemplo Takashi Hatta (1970) encontró que para la solución de tareas no verbales pero que requieren de un procesamiento analítico

tico se manifiesta la superioridad del hemisferio izquierdo y en una tarea puramente perceptual el hemisferio derecho (HD) logra un porcentaje más alto de respuestas correctas.

Beaumont y Diamond (1975) informan que el hemisferio derecho resultó superior en capacidad para analizar configuraciones espaciales en una tarea de apareamiento de figuras. Tomlinson y Kelly (1979) encontraron que una tarea lógico-secuencial se fue ra con palabras o con figuras, se procesó más rápidamente en el HI en sujetos diestros y a su vez el HD procesó con menor tiempo de reacción las tareas de análisis configuracional.

Sin embargo, estudios posteriores han revelado que la especialización hemisférica no es tan sencilla de clasificar como se ha bía hecho hasta el momento.

Se han manipulado muchas variables con el fin de determinar cuál de ellas provoca la participación de cuál de los hemisferios. Las variables estudiadas van desde las características físicas de los estímulos o tareas presentadas, hasta las características de estilo o estrategias utilizadas por el sujeto.

a) Características de los estímulos

Beaumont y Diamond (1975) analizaron los efectos que producían en los resultados diferentes tiempos de exposición de los estímulos. Ellos realizaron un experimento de apareamiento de figuras variando tanto los tiempos de exposición como la presentación e los campos visuales. Se tuvieron 4 tipos de presentación: (HD) en

el cual ambos estímulos eran presentados al HH (II) en donde los 2 estímulos se dividían al (HI) (ID) en el cual el primer estímulo era dividido al HI y el segundo al HD y (DI) que era la presentación contraria a (ID). El sujeto tenía que responder 'igual' o 'diferente' a cada ensayo dependiendo de si las 2 figuras eran iguales o diferentes.

Encontraron que cuando los dos estímulos eran presentados al hemisferio derecho las respuestas eran más rápidas y el número de errores menor que en los otros tipos de presentación. Sin embargo, la superioridad de este hemisferio no fue uniforme a través de todos los valores de tiempo de exposición; se encontraron diferencias en los resultados dependiendo del tiempo de exposición del segundo estímulo resultando que con valores de exposición pequeños (7.5 msec.) se cometían más errores; incrementando el tiempo de exposición (30 msec) el desempeño mejoraba; después de 30 msec. no se notaba mayor efecto.

Proponen que los cambios encontrados se deben a un funcionamiento diferente de los hemisferios debido a la dificultad de analizar un estímulo breve, lo cual indica claramente la dependencia de los resultados a la naturaleza de los estímulos empleados.

También respecto a variaciones en las características de los estímulos, Fries (1981) realizó un experimento similar en el que el sujeto tenía que apreciar dos estímulos, él varió el tamaño de la letra y el tiempo de exposición del estímulo. Encontró que

con la letra más pequeña (.4 cm) y con la más grande (.7 cm); así como con la presentación breve (50 msec); se vio más participación del hemisferio derecho en cuanto a tiempo de reacción que con un tamaño regular (.5 cm) y presentación más larga (100 y 150 msec); ellos suponen que este hemisferio juega un papel más importante que el hemisferio izquierdo en el análisis visual de los estímulos verbales en los casos en que el estímulo es más difícil de decifrar.

Cohen (1972) realizó un experimento utilizando los mismos estímulos (letras) en dos tareas; pero una requería identificación de las letras por su nombre (por ejemplo 'b' y 'a') y la otra un análisis físico o configuracional de las mismas (por ejemplo 'A' y 'a'). Encontró que por lo menos en personas diestras el hemisferio dominante (HI) sobresalió con tiempos de reacción más cortos en la primera tarea y el hemisferio no dominante (HD) se desempeñó mejor en la segunda.

Este tipo de experimentos a llevado a concluir que el HD analiza la forma o características físicas del estímulo y el HI el aspecto verbal y semántico del mismo.

Un problema que ha surgido con este tipo de experimentos es que no existe un acuerdo en cuanto a lo que el experimentador llama estímulos verbales y no verbales; siendo que el sujeto puede clasificar a las palabras mismas como estímulos físicos (Cohen, 1972). Ehrlichman y Wiener K. (1979) sugieren que sería útil intentar una clasificación de pruebas cognitivas en térmi-

nos del procesamiento que requieren.

Se ha mencionado que un aspecto decisivo en la metodología a seguir en este tipo de experimentos, es que la tarea que se utilice no debe requerir procesos complejos de percepción, memoria o dificultad en la ejecución de las tareas, pues de este modo se puede estudiar en forma más pura el funcionamiento de los hemisferios durante cierta tarea, siendo atribuible al procesamiento que se esté llevando a cabo (Graham Ratcliff, 1979).

Referente al carácter cognitivo de las tareas han surgido diversas hipótesis; Takeshi Hatta (1978) postula que es necesario determinar el grado de procesamiento cognitivo que requiere una tarea, pues depende de las características cualitativas para que se den diferencias en la actividad cerebral. El divide a las tareas en tareas de bajo nivel que implican un procesamiento puramente perceptual o discriminativo y en tareas de alto nivel, que requieren de procesamiento cognitivo independientemente de las características de los estímulos. Una hipótesis semejante es la de Tomlinson y Kelly (1979), ellos opinan que el grado de dificultad de una tarea es lo que va a producir la activación de un hemisferio o de otros, mas que la naturaleza verbal o física del estímulo.

Vogel y col. (1968) refieren que existen dos tipos de tareas: tareas de reestructuración, que requieren de la inhibición de una respuesta inmediata y del surgimiento de otra respuesta en forma casi simultánea y tareas que involucran la repetición de

un acto conductual en cada ensayo.

Debido a la gran cantidad de factores que influyen en la naturaleza de las tareas, ya sea características de los estímulos o aspectos cualitativos, es importante emplear una tarea que reúna las características deseadas para un fin específico.

b) Sexo

Una de las variables que se ha controlado en el estudio de la lateralización hemisférica de funciones ha sido el sexo de los sujetos. En general se ha encontrado que las mujeres son más hábiles desempeñando tareas verbales y los hombres tareas espaciales (Kimura, 1967). También se ha dicho que las mujeres muestran menor lateralización de los procesos espaciales que los hombres (Ray y col., 1981); estos autores realizaron un experimento en el que hombres y mujeres ejecutaban una tarea espacial y no encontraron relación entre el desempeño de las mujeres y su actividad cerebral.

Estos resultados podrían deberse, como cita Ray, a diferencias en la organización neural o a diferentes estrategias utilizadas por los sujetos independientemente de su sexo. No se puede descartar la posibilidad de que un mismo problema sea resuelto de diversas maneras y que por esta razón se manifiesten diferencias entre sujetos; por lo tanto se han realizado investigaciones que se basan en la estrategia utilizada más que en las características de la prueba. Por ejemplo, se ha postulado que los

hombres utilizan una estrategia espacial en la solución de tareas y las mujeres recurren a esta estrategia sólo cuando no pueden analizar la información fonológicamente (Prinz, 1981).

Como resultado de estas investigaciones, se ha suscitado la existencia de diversos procesos internos que ocurren durante la solución de tareas. Harduck refiere un trabajo de Moscovitch (Harduck y col, 1978) en el que en un experimento de solución de problemas, conforme éste avanzaba, los tiempos de reacción bajaban, lo que hace pensar que puede estar ocurriendo un cambio en la estrategia del sujeto. El postula la existencia de un proceso precatésórico en el sujeto, que se da al principio de los experimentos cuando la persona no conoce aún los estímulos. Al irse familiarizando con ellos, el proceso precatésórico cambia a una estrategia de tabla de referencia (Moscovitch, 1976).

Es importante tomar en cuenta que las características intrínsecas al sujeto pueden ser las responsables de resultados que en ocasiones se atribuyen a otro tipo de variables, por lo que controlar de antemano las diferencias individuales constituye una necesidad fundamental en la realización de estudios de procesamiento cognitivo.

c) Edad

Otra variable que se ha considerado es la edad de los sujetos. Tomlinson y Kelly (1979) presentaron una tarea lógicose-

cuencial y una tarea espacial a muestras de niños y adultos) encontraron que en la tarea lógico-secuencial, los adultos se desempeñaron mejor que los niños, no así en la tarea espacial en la que no hubo diferencias entre ambos grupos. De acuerdo a sus resultados, concluyen que los procesos espaciales están menos sujetos a cambios del desarrollo que los secuenciales o analíticos.

Es importante tener en cuenta el papel de la transferencia transcallosa en los estudios de especialización hemisférica. Beaumont y Diamond (1975) realizaron un experimento en el que el sujeto tenía que aparear dos estímulos; ellos utilizaron dos tipos de presentación diferencial a) el primer estímulo se presentaba al campo visual izquierdo y el segundo al campo visual derecho y b) la presentación contraria; el primer estímulo al CVI y el segundo al CVI; ellos no encontraron diferencias entre los dos tipos de presentación en cuanto a tiempos de reacción o el número de errores. Esto quiere decir que el apareamiento lo fue de realizar cualquiera de los hemisferios aunque no se le presenten los dos estímulos; lo que indica que la información de alguna manera se transfiere al hemisferio que no recibió la información original.

Los mismos autores encontraron que los tiempos de reacción son más largos y se incrementan los errores con este tipo de presentación en comparación con la presentación de ambos estímulos a un solo hemisferio; lo que sugiere que efectivamente están interviniendo las vías intercallosas.

Otro de sus resultados fue que cuando los dos estímulos eran presentados al hemisferio 'no especializado' la latencia de respuesta aumentó. Suronen que lo que sucede es que en este caso se requiere del paso de los dos estímulos al hemisferio contrario. Por lo tanto, es indispensable considerar este fenómeno en el análisis de resultados de los estudios de lateralización hemisférica.

VII. ESTUDIOS QUE UTILIZAN REGISTROS ELECTROENCEFALOGRAFICOS

En electroencefalografía se han tomado distintos parámetros de medición para el estudio de la especialización hemisférica de funciones.

Una aproximación consiste en analizar la frecuencia dominante (análisis espectral de frecuencias) en cada hemisferio o en diferentes derivaciones durante la ejecución de tareas que se supone requieren de procesamiento diferente.

El análisis de potenciales evocados (PE) ante la presentación de diferentes tareas también proporciona datos acerca de la especialización de funciones.

Algunos estudios han obtenido la coherencia electroencefalográfica o semejanza de la activación entre dos sitios activos. La coherencia se ha definido y obtenido de diferentes formas; por ejemplo, Shaw y Dasley (1972) la definen como la "correlación de dos señales en función de su frecuencia de aparición".

1. Análisis de Frecuencias

Los experimentos que han utilizado análisis de frecuencias han partido de la idea general de que la presencia de ritmo alfa (8-12 Hz) indica desactivación o falta de procesamiento de la zona del cerebro en que está siendo detectado dicho ritmo; algunos de los estudios tratan de relacionar este concepto de

'desactivación' con la actividad mental (Adrian y col., 1935; McKee y col., 1973). La aparición o registro de actividad electroencefalográfica de mayor frecuencia (12-30 Hz) y menor voltaje (beta), se ha relacionado al estado de vigilia y a un alto nivel de actividad intelectual. Cuando en una zona o área cerebral se registra actividad alfa y este ritmo es desplazado por la aparición de ritmo beta, se dice que ha ocurrido una atenuación de alfa, asociado a actividad mental y vigilia con ojos abiertos (Warren y col., 1976).

Este tipo de análisis se ha utilizado sometiendo a los sujetos a diversas condiciones, ya sea que impliquen o no actividad cognitiva. Para fines de este trabajo, la relación entre las bandas y la solución de tareas cognitivas resulta lo más relevante a manera de comprobar la teoría de especialización hemisférica, con base en la idea de activación de uno de los hemisferios respecto al otro.

Como medida de especialización hemisférica se cuantifica la diferencia de frecuencias presentes entre hemisferios. Esta medición se ha llamado asimetría interhemisférica y generalmente se ha medido con la diferencia en las características de la banda de alfa (8-12 Hz) entre un hemisferio y otro. En algunos estudios se ha usado como medida de activación de un hemisferio el porcentaje de tiempo que aparece actividad alfa; en otros, se ha usado la amplitud de la banda o su valor de potencia.

La medición de la asimetría de alfa en un mismo sujeto ante

diversos tipos de tareas ha aportado información acorde con la teoría de activación; en general se ha encontrado que la amplitud o potencia de alfa es mayor en el hemisferio contrario al involucrado en una tarea (Mc Kee, 1973; Erlichman y Wiener, 1971; Dumas y Morfani, 1975; Bosle y col., 1974). Este resultado apoya la idea de que alfa indica inactivación del hemisferio en el que aparece esta frecuencia.

También se han buscado diferencias de asimetría durante la ejecución de tareas con distintos grados de dificultad. Haines y Moore (1981) esperaban encontrar diferencias en la asimetría de alfa durante dos tipos de tareas: una tarea de reconocimiento del contenido de una historia, en la que el sujeto tenía que escoger la respuesta correcta entre varias opciones mostradas por el experimentador después de haber escuchado la historia y una tarea de 'memorización' en la que el sujeto tenía que escribir de memoria el contenido de la narración. Encontraron el mismo grado de activación en el hemisferio izquierdo (medido en amplitud de alfa) mientras los sujetos resolvían los dos tipos de tareas. Ellos esperaban que la tarea de memorización iba a evocar mayor asimetría interhemisférica que la de reconocimiento pues involucra un proceso intenso de búsqueda de información. Se explican este resultado diciendo que lo que produjo igual activación del HI fue el componente de memoria en ambas tareas.

McKee (1973) presentó a sus sujetos dos tareas verbales con tres distintos niveles de dificultad cada una; encontró que en

tre más difícil era la tarea mayor era la amplitud de alfa en el HI.

Galin y col. (1978) suponían que de acuerdo con la dificultad de la tarea, el patrón electroencefalográfico debía ser diferente. Encontraron que entre más difícil era la tarea (medido en latencia de respuesta), había un aumento en la potencia de alfa. Este resultado mostró diferencias individuales pues en algunos sujetos el aumento se dio en el HI, en otros en el HD y en otros el aumento fue en ambos hemisferios.

También se ha propuesto una relación entre la amplitud de alfa y características de los sujetos, como habilidad o inteligencia pero no ha sido bien establecida. Erickman y Wiener (1979) no encontraron ninguna asociación entre el buen o mal desempeño en solución de tareas y la asimetría en la amplitud integrada de alfa. Se ha postulado que no existe una razón intrínseca del por qué la asimetría del EEG estaría necesariamente asociada con el desempeño o habilidad de un sujeto (Gur y Gur, 1978).

También se han visto diferencias en la asimetría de alfa en condición de reposo. Grabow (1979) realizó un estudio de lateralización en el que analizó el espectro de potencia electroencefalográfica de alfa durante tareas que activaban el HI y el HD y en condición de reposo. Él esperaba que el comportamiento de alfa en reposo fuera igual entre hemisferios o ligeramente menor en el izquierdo, debido a que los sujetos pueden estar pensando en una forma verbal (asumiendo la dominancia del lenguaje

je)». Encontró que en algunas personas la relación de alfa entre hemisferios era simétrica y en otras asimétrica, siendo menor la potencia en el HI para las derivaciones Central y Parietal.

Creutzfeldt y col. (1969) cuantificando la cantidad de alfa mediante análisis visual, encontraron que la potencia de alfa en la solución de tareas dependió de las condiciones línea base de los sujetos, siendo más pronunciada en los sujetos que presentaban más alfa durante reposo con ojos abiertos que en personas con poca alfa. En algunos estudios se ha encontrado que existe mayor potencia de alfa en el HB en condición de reposo (Grabow, 1979). Sin embargo, Butler y Glass (1974) no encontraron asimetría en la amplitud de alfa durante la línea base.

La presencia de ritmo beta se ha relacionado con el desempeño de tareas específicas, de acuerdo al carácter de ésta se espera encontrar mayor 'activación' en la zona o hemisferio en que se presume se lleva a cabo su procesamiento. En términos generales se ha encontrado más activación del HI medida en base a la presencia de ritmo beta y disminución de la amplitud de alfa, durante tareas que requieren de procesamiento verbal (Hansen y Moore, 1981) y discriminación y cálculo numérico (Shepherd y Gale, 1982). Contrariamente, la presencia de beta disminuye en el HI y aumenta en el HB en sujetos que realizan una tarea que requiera de procesamiento global o espacial (Erlichman y Wiener, 1979).

A pesar de la idea de frecuencias altas-actividad mental o

xisten investigaciones que no han encontrado esta relación; siendo que durante tareas cognitivas la presencia de beta en el tiempo se reduce (Gevins y col., 1979) Vogel y col., 1968). Dowle y col. (1974) sometieron a sus sujetos a la realización de tareas cognitivas y aritméticas y la potencia de beta fue mayor en el HD cuando se esperaba fuera mayor en el HI.

La idea de que alfa se relaciona con inactividad cognitiva también se ha revatido; Greutzfeldt y col. (1969) mediante análisis visual de las frecuencias, encontraron que sujetos en descanso con ojos abiertos tuvieron mayor potencia de alfa en lugar del bloqueo esperado; únicamente se observó la aparición de beta durante los primeros segundos después de abrir los ojos y después el ritmo alfa regresó.

Un factor que aparentemente afecta a la actividad electroencefalográfica durante la solución de tareas es la habilidad del sujeto. En un experimento en el que los sujetos tenían que resolver una tarea de discriminación y cálculo numérico; el análisis de frecuencias mostró que los sujetos más rápidos para el cálculo presentaban más actividad beta en el HI que sujetos más lentos (Shepherd y Gale, 1982).

Una de las hipótesis que tratan de explicar el por qué de las diferencias de funcionamiento entre personas de mayor y menor habilidad la eslan Ray y col. (1981). Ellos opinan que la buena ejecución depende de la disminución de "pensamientos" en el hemisferio contrario al involucrado en la solución de la tarea; esto es,

si el sujeto está siendo sometido a una tarea espacial cuyo procesamiento se ha atribuido al HD, la inactivación del HI no interfiere con la solución del problema espacial.

La preselección de sujetos ha ayudado al apoyo de la existencia de estrategias particulares. Ray (Ray y col., 1981) separó a los sujetos en personas de mayor y menor habilidad en base al número de problemas resueltos en una tarea espacial. Encontró que en aquellas personas clasificadas como de 'mayor habilidad' se asoció más activación del HD (menor potencia de alfa) al solucionar correctamente los problemas. Sin embargo, las personas de menor habilidad no presentaron mayor activación del HD durante la buena ejecución, sino del HI.

Es probable que exista una diferencia en el estilo o estrategia de solución al problema como los autores proponen, quizás para compensar su incapacidad, los sujetos de menor habilidad recurran al HI utilizando una estrategia verbal o analítica.

Recientemente se relacionó la actividad electroencefalográfica con el estilo cognoscitivo de los sujetos en la solución de tareas. Se ha postulado la existencia de patrones de solución distintos entre sujetos para habilidades mentales particulares y aún para patrones distintos en cada sujeto (Vogel y col., 1968).

Estos autores realizaron un experimento en el que después de seleccionar a los sujetos en grupos de mayor y menor habilidad y a 17 tareas en bajo y alto grado de dificultad, encontraron me -

diente análisis visual, que las ondas lentas (8-14 Hz) se relacionaron con mejor ejecución de los sujetos; se observó menor cantidad de beta durante la tarea más difícil y los sujetos con mayor habilidad presentaron menos beta durante esa tarea y resolvieron más presuntas que los demás. Estos resultados son contradictorios a la creencia general de que la actividad lenta es indicativa de somnolencia o inhibición de la atención, y sugiere que existen características individuales en la forma de resolver una tarea o de procesar información.

Los autores de este artículo explican sus resultados basándose en los postulados siguientes: Ellos sugieren que hay dos tipos de inhibición:

a) Inactivación gruesa de todo el proceso excitatorio que resulta por ejemplo de una inducción a relajación o sea, un estado de menor actividad conductual, como en el sueño o por inhibición intencional de actos conductuales.

b) Inactivación selectiva de conductas particulares y activación voluntaria de otras respuestas, como en la práctica de un acto conductual hasta el punto en que tal acto llega a ser sobrepensado o automatizado.

El primer tipo de inhibición suprime todos los sistemas de respuesta y el segundo sólo suprime tendencias de respuesta inapropiadas en un sistema activado. Ellos explican que el hecho de que los sujetos con mayor habilidad muestren menos beta durante la eje

cución de la tarea, se debe a que sus respuestas han sido automatizadas, o sea, que han encontrado una estrategia para resolver el problema. En cambio, los sujetos poco hábiles, necesitan reorientar su atención constantemente a la tarea, pues los estímulos son percibidos cada vez como novedosos por lo que presentan continuamente actividad beta, actuando ésta como respuesta de orientación.

Las diferencias en estilos cognoscitivos o estrategias entre sujetos, afectan a los resultados en investigaciones de especialización hemisférica, por lo que es importante controlarlas para fines de la evaluación electroencefalográfica del proceso.

El significado de la potencia de theta (3-7HZ) en vigilia ha sido poco explorado debido a que se ha considerado un ritmo característico de sueño. En sueño, además de alfa y beta, se observa la presencia de theta, principalmente en la etapa I, que ha sido considerada como una fase de transición entre vigilia y sueño; esta etapa tiende a ser relativamente corta, de 15 minutos hasta 7 min. en sujetos y condiciones normales. La reactividad a estímulos externos se ve disminuida, el pensamiento no está orientado a la realidad y en ocasiones se presentan sueños cortos (Foulkes y Vogel, 1965). Sin embargo, el reporte subjetivo de muchas personas es que se sienten despiertos durante esta etapa. Hauri (1977) opina que 'debido a que esta etapa es semejante al sueño en unos aspectos (pérdida de reactividad a ciertos estímulos) y similar a vigilia en otros (relativa desincronización del EEG), debería ser considerada como una fase de transición al sueño más que una etapa del mismo'.

Algunos estudios han tratado de relacionar este ritmo con estados emocionales (Brown, 1971; Rusalova, 1979; Simonov y Rusalova, 1980). Mulsby (1971) encontró que al hacer cosquillas o besar el vientre de un bebé de 9 meses, se observaba un aumento de theta sincrónico en el niño. Él propone que la aparición de theta en adultos es rara en vigilia; únicamente se ha observado durante reacciones emocionales intensas.

Este ritmo también se ha relacionado con estados de parcial conciencia. Un estudio realizado por Elmer y Alice Green (1977) consistió en entrenar a sujetos a aumentar su ritmo theta mediante retroalimentación auditiva; a lo largo de la sesión se les interrumpía en varios momentos, se fuera que el experimentador apreciara visualmente la presencia de alfa, beta o theta y se les preguntaba su experiencia en cada momento. La actividad theta se asoció con reportes de imágenes hipnagógicas y con estados de profunda internalización de emociones y pensamientos y quietud del cuerpo. Algunas personas también reportan el recuerdo de sueños y sucesos de la infancia durante las sesiones de práctica.

Estudios con meditadores han encontrado la presencia de ritmo theta durante la meditación. Un ejemplo es el estudio de James y col. (1978); ellos utilizaron tres grupos de sujetos: 1) un grupo control sin ninguna experiencia en meditación o entrenamiento de control de la atención; 2) sujetos con un promedio de 2.1 años de practicar meditación trascendental (MT) y 3) sujetos con 4.4 años de promedio de practicar MT. Encontraron que los medita

dores mostraron aumento en la potencia de theta y alfa a diferencia del grupo control.

Los autores afirman que este aumento de theta es diferente a que se encuentra durante sueño debido a que estuvo acompañado de activación autonómica, medida con resistencia de la piel, frecuencia cardíaca y el reporte subjetivo de los sujetos, además, electroencefalográficamente no hubo signos de sueño.

Los autores creen que la práctica prolongada de esta técnica resulta en un aumento de theta aún en estados normales de conciencia. Creen que las técnicas de meditación en general permitirían tener acceso a un estado de conciencia en la línea divisoria entre el sueño y vigilia, por eso se acompañan de activación fisiológica.

Kasamatsu y Hira (1969) también observaron la presencia de theta durante meditación Zen y están de acuerdo con que en condiciones de meditación este ritmo es distinguible del estado de somnolencia por su sincronía y por su reactividad a estimulación externa.

Durante solución de tareas Bostle y col. (1974) no encontraron efectos hemisféricos de theta durante la ejecución de una prueba verbal y una aritmética. Mizuki y col (1980) estudiaron la presencia de ritmo theta en la línea media frontal durante la solución de una tarea aritmética. Mediante análisis visual encontraron presencia de theta de más de un segundo en el 63.7% de los

sujetos pero este ritmo no se correlacionó con el número de ensayos solucionados ni con el número de aciertos. No hubo diferencias en el desempeño entre sujetos que presentaron theta y los que no. En los primeros 11 segundos ningún sujeto tuvo theta; los sujetos que mostraron mayor cantidad de theta lo tuvieron a lo largo de toda la sesión y los que tuvieron menos cantidad, presentaron cíclicamente esta frecuencia.

Los autores creen que el hecho de que al principio no haya habido theta se debe a que es una condición nueva para el sujeto, lo cual le provoca un estado emocional intenso. Proponen que hay factores de personalidad involucrados en la aparición de theta.

2. Potenciales evocados

El análisis de potenciales evocados también ha aportado información al estudio de la asimetría hemisférica de funciones. En términos generales, ante la presentación de estímulos verbales visuales, los potenciales evocados son de mayor amplitud en el HI que en el HD y ante estímulos espaciales la diferencia de amplitud es inversa (Matsumiya y col., 1972; B. Kluver, 1967).

También se ha observado que la amplitud del potencial evocado (PE) es mayor en el HI ante estímulos auditivos verbales, mientras que ante un 'click' sin ningún significado verbal, la amplitud es mayor en el HD (E. Cohn, 1971).

Sin embargo, en un estudio de Friedman y col. (1975) no se encontraron diferencias significativas en la asimetría de los PE ante la presentación de palabras y sonidos humanos; él encontró que la amplitud del potencial fue igual en todos los sitios registrados.

Debido a que este tipo de experimentos no es relevante a la presente investigación, no se efectuará una revisión profunda sobre el tema.

3. Coherencia interhemisférica

Una aproximación a la asimetría electroencefalográfica es la que utilizaron Hoovey y col. (1972) midiendo la coherencia interhemisférica de fase entre ondas alfa simultáneas. sometieron los valores de amplitud de las ondas alfa de cada hemisferio a un análisis de correlación cruzada, que indica un valor promedio de la relación constante de fase entre los dos hemisferios.

Estos autores proponen que el grado de sincronía izquierda/derecha es una expresión del acoplamiento entre los "generadores" de alfa en el cerebro. Se ha postulado que la relación de fase en partes homólogas se debe a las conexiones callosas en ambos hemisferios (Bremer y Stouffer, 1957) sin embargo, Hoovey y col. (1972) opinan que el cuerpo calloso no es el responsable de la función de sincronización interhemisférica, pues en una investigación con sujetos con el cuerpo calloso seccionado no se observó más desincronización, medida mediante análisis de correlación cruzada en -

tre hemisferios, que la que presente un sujeto normal (Aird y Garrotte, 1958).

Han sido muy pocas las investigaciones que utilizan la coherencia como medida. Shaw y col. (1977) definen la coherencia como la correlación de dos señales en función de su frecuencia de aparición. Ellos midieron la coherencia interhemisférica de alfa μ , asumiendo que entre diestros y zurdos existe una diferencia en la organización funcional de su cerebro; utilizaron las dos muestras sometiéndolas a dos tipos de tareas con el mismo grado de dificultad: una tarea aritmética y otra de reconstrucción mental de una figura usando imaginación espacial. Encontraron variaciones en la coherencia interhemisférica en ambas muestras, aumentando en los sujetos diestros durante la tarea de imaginación y disminuyendo en los zurdos durante la misma tarea. De este modo, Shaw y col. consideran que la medida de coherencia refleja diferencias en la organización funcional entre sujetos y sugieren que sea utilizada en la valoración de pacientes psiquiátricos, basándose en que en el esquizofrénico hay una falla en la distribución de funciones del cerebro y no una pérdida de tales funciones.

Beaumont (Beaumont y col., 1978) utilizó la medida de coherencia durante solución de tareas y encontró mayor coherencia intra hemisférica en el HD para tareas espaciales; mayor coherencia entre los dos parietales con respecto a los temporales así como más coherencia interhemisférica total en mujeres que en hombres ante ambas tareas, espaciales y verbales.

Colter (1982) usó la coherencia interhemisférica de alfa para ver si se reflejaban diferencias entre personas dependientes e independientes de campo en condición de reposo con ojos cerrados. Encontró una correlación entre la dependencia de campo y la coherencia; en donde entre más dependiente de campo era la persona, menos coherencia interhemisférica presentaba.

Por otro lado, Busk y Galbraith (1975) utilizaron la medida de coherencia intrahemisférica para ver si mediante patrones electroencefalográficos se podían conocer las vías anatómicas de la interacción visomotora. Registraron la actividad EEG en el área visual motora y premotora (Oz, C3, C4) durante la ejecución de una tarea visomotora.

Ellos encontraron que cuando la coherencia entre dos áreas cerebrales de un mismo hemisferio era alta, dichas áreas tenían mayores conexiones anatómicas o la densidad de las fibras entre esas vías corticales era mayor. Además, la coherencia más baja ocurrió durante la ejecución de la tarea más sencilla, mientras que la más alta durante la tarea más difícil y, después de practicar la tarea la coherencia general decreció; ellos interpretan esto como una reducción en la dificultad de la tarea por aprendizaje visomotor que se refleja en una disminución de la coherencia. Concluyen que el patrón de coherencia refleja las propiedades dinámicas y funcionales de la interacción en el sistema visomotor más que una anatomía fija y que varía dependiendo del tipo de tarea y del efecto de la práctica.

Inoué y col (1981) midieron la coherencia interhemisférica de alfa entre zonas homólogas (O1, O2 y áreas de Wernicke W1 y W2). La coherencia fue más alta en área occipital que en las áreas de Wernicke. Los autores proponen que esto puede deberse a la cercanía entre las áreas de registro o a mayor conectividad de las comisuras cerebrales.

Esta aproximación al estudio de la especialización hemisférica de funciones parece ser muy prometedora pues podría indicar relaciones funcionales entre las diferentes regiones del cerebro.

- T R A B A J O E X P E R I M E N T A L -

I. INTRODUCCION

A raíz de las investigaciones del funcionamiento de los hemisferios cerebrales, se ha postulado que cada uno se especializa en la solución de diferentes tareas. En general, al hemisferio izquierdo (HI) de sujetos diestros se ha atribuido la solución de tareas verbales, lógico-analíticas y de abstracción (Butler y Glass, 1974; Doyle y col., 1974; Tomlinson y Kelly, 1979). Al hemisferio derecho (HD) se le ha considerado encargado de procesar las relaciones espaciales, el análisis de formas, (Kimura, 1966), evaluación de material con contenido emocional (Carmon, 1973) y la apreciación musical (Siddis, 1978).

El objetivo del presente trabajo es investigar el comportamiento de los hemisferios cerebrales durante la solución de tres tipos de tareas:

a) una tarea lógico-verbal que se espera vaya acompañada de activación del HI; b) una tarea espacial la cual se presume que va a activar al HD y c) una tarea mixta que requiere la participación de los dos tipos de procesamiento y por lo tanto, de ambos hemisferios.

Asumiendo la diferencia entre hemisferios, se intenta saber: ¿qué sucede electroencefalográficamente durante la solución de una tarea que requiere del procesamiento conjunto de ambos hemisferios?

II. HIPOTESIS

Debido a que las tareas cognitivas implican el procesamiento de información, se espera que produzcan activación neuronal reflejada en la actividad electroencefalográfica. De acuerdo a la teoría de especialización hemisférica, la activación durante cada tarea debe ser diferente, en donde la tarea verbal (TV) provoque mayor activación del hemisferio izquierdo (HI), la tarea espacial (TE) del hemisferio derecho (HD) y la mixta obtenga un índice de semejanza entre ambos hemisferios.

Nosotros suponemos que la diferencia de activación entre tareas podrá reflejarse en la potencia de beta pues este ritmo se ha considerado como indicativo de actividad intelectual (Warren y col., 1976). Complementariamente, en el hemisferio contrario al encargado de la tarea, esperamos encontrar ritmo alfa pues éste está relacionado con inactivación cortical, por lo que es posible que se presente en el hemisferio que no está procesando la información.

La medida de coherencia interhemisférica también se utiliza con el objeto de comprobar la diferencia de actividad ante cada tarea. Se postula que el valor de coherencia debe ser más bajo durante las tareas verbal y espacial pues en ellas uno de los hemisferios deberá de estar más activado, por lo tanto, la medida de semejanza entre ellos debe ser menor.

Sin embargo, durante la ejecución de la tarea mixta, se asume

que participarán ambos hemisferios de tal forma que la coherencia reflejará una semejanza en su funcionamiento con un valor más alto.

La diferencia entre Principio (P) y Final (F) del estímulo se hizo debido a que suponemos que al principio del estímulo el sujeto únicamente lo conoce y al final el sujeto realiza un análisis de la información con el objeto de llegar a la solución correcta. Por esto, esperamos encontrar diferencias en la activación electroencefalográfica entre el principio y el final.

En lo que se refiere al desempeño de los sujetos, se postula que se reflejarán diferencias en la actividad eléctrica del cerebro cuando el reactivo sea realizado correctamente en comparación con una solución errónea. Probablemente esta diferencia se refleje en una mayor coherencia electroencefalográfica durante la tarea mixta en los estímulos acertados y menor coherencia en los fallidos. En las tareas verbal y espacial, una menor coherencia será indicativa de mejor procesamiento hemisférico pues tales tareas implican el uso de uno de los hemisferios más que del otro. En cuanto a los valores de potencia, la presencia de ritmo beta en el hemisferio que asumimos se encarga de la tarea, deberá asociarse con los aciertos y la presencia de alfa con los errores.

Se planeó un periodo de silencio posterior a cada tarea esperando encontrar mayor activación en el hemisferio que reacciona durante ella por el hecho de haber realizado varios estímulos de un mismo tipo. No obstante, los periodos de silencio podrían funcio

nar como periodos de descanso para el sujeto, por lo tanto se puede presentar actividad lenta característica de reposo y de estados de relajación (Kamiya, 1961; Jasper y Shadass, 1941; Walter y Yeager, 1956).

III. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se registró la actividad electroencefalográfica (ees) de los sujetos en ambos hemisferios durante la ejecución de tres tareas diferentes con el fin de determinar si existe alguna diferencia en el procesamiento de cada una de ellas y si tal diferencia se refleja en la actividad ees.

Las tareas fueron: una tarea verbal que requiere de un procesamiento lógico-analítico; una tarea espacial que requiere manejo sintético de la información y una tarea mixta la cual requiere de ambos tipos de procesamiento; estas tareas se describirán con más detalle posteriormente.

Al principio de la sesión y después de cada tarea se registraron periodos de silencio con ojos abiertos y cerrados, los cuales se definieron como: línea base el silencio inicial (L.B); cuál registrado después de la ejecución de la tarea verbal se denominó silencio verbal (SV); silencio espacial el inmediato posterior a la tarea espacial (SE) y silencio mixto cuál que sucede a la tarea mixta (SM).

Se registro la actividad ees de la siguiente manera:

a) Línea base:

Se registró 1 minuto de silencio en reposo con los ojos abiertos e inmediatamente después 1 minuto con ojos cerrados.

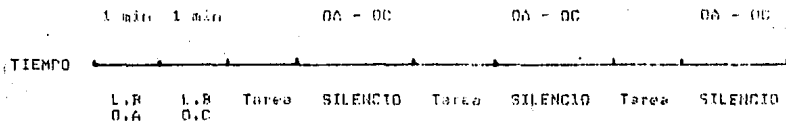
b) Registro durante el procesamiento de la información:

Se registro la actividad ees durante la solución de cada tarea.

c) Registro entre tareas:

Se registró 1 minuto de silencio en reposo con ojos abiertos y 1 minuto con ojos cerrados después de cada tarea.

La siguiente figura indica los tiempos de registro durante la sesión experimental:



IV, SUJETOS

La muestra estuvo formada por 8 voluntarios diestros de sexo masculino de 20 a 24 años de edad de nivel socioeconómico medio seleccionados aleatoriamente. Su preferencia manual se determinó según una prueba estandarizada de lateralización (Annett, 1967) que medía las siguientes conductas: cepillarse los dientes, clavar un clavo, ensartar una aguja, ver a través de un tubo, patear una pelota, repartir tarjetas, escribir, cortar un papel con tijeras, aventar una pelota y encender un cigarrillo.

Mediante un Cuestionario de Antecedentes se descartaron individuos que hubieran recibido un golpe fuerte en la cabeza, que hubieran tenido algún problema neurológico o cirugía cerebral, que estuvieran ingiriendo algún medicamento que afectara el EEG, que tuvieran el sueño alterado o que hubieran ingerido alcohol en las últimas 24 horas o que no hubieran cumplido el requisito de preferencia manual.

El experimento se realizó con 15 sujetos, de los cuales se tomaron en cuenta para el análisis electroencefalográfico únicamente 8; el resto se eliminó por interferencias detectadas en el registro durante algunos ensayos.

En total participaron 3 psicólogos, 3 arquitectos, un abogado y un economista. No recibieron ningún pago por su participación en la investigación.

No se hizo una preselección de los sujetos en base a sus habilida-

dades, todos ignoraban el carácter del experimento. Únicamente se les dijo que se les iban a presentar unos acertijos para que los resolvieran.

V. PROCEDIMIENTO

LINEA BASE

Al iniciar la sesión se registró y grabó la línea base de 1 minuto de silencio en reposo con los ojos abiertos y la luz del cubículo encendida; se pedía al sujeto que mantuviera la vista hacia el frente sin fijarla en ningún punto. Inmediatamente después se registraba 1 minuto de silencio con ojos cerrados.

TAREAS

Las tareas consistieron en 3 series de 15 estímulos cada una: una serie de estímulos verbales; una de espaciales y otra de mixtos. Los estímulos de cada serie se escudieron en base a un estudio piloto realizado en 15 sujetos de tal forma que cada estímulo necesitara por lo menos 20 segundos para resolverse. Después se dividieron los estímulos de acuerdo al tiempo de reacción promedio de los sujetos y se asignó la misma cantidad de estímulos de cada serie dentro de un rango de tiempo; estos rangos comprendían de 20 a 45 segs.; de 45 a 70 segs. y de 70 a 95 segs. De este modo se logró controlar el grado de dificultad entre estímulos de las 3 tareas evitando así el efecto de la dificultad de los reactivos entre ellas.

Los estímulos verbales consistieron en acertijos espulares tomados del libro: 'What is the name of this book' adaptados al español y a información adecuada a nuestro contexto social (R. Smullyan, 1978). Mediante el reporte de los sujetos de dos estudios piloto respecto a la forma en que buscaban y obtenían la respuesta, se determinó que estos acertijos requerían de un procesamiento lógico analítico para poder llegar a la solución (ver figura # 2).

Los estímulos espaciales consisten en encontrar una figura modelo dentro de un patrón de figuras ocultas (ver figura # 3). Se observa que la tarea requiere del reconocimiento de la figura modelo, lo cual es un procesamiento espacial en el que se maneja forma y localización dentro de un espacio.

Los estímulos mixtos fueron tomados del subtest de Actitud - des Diferenciales (DAI) del Test de razonamiento abstracto. Este test requiere de 'habilidad para percibir las relaciones entre patrones de figuras abstractas y habilidad para razonar en forma no verbal' (Manual en español del Test de Actitudes Diferenciales págs. 6) pero lógica analítica (ver figura # 4). El formato vertical original de la prueba se modificó para fines prácticos de la presentación de los estímulos.

Todos los estímulos, tanto espaciales, verbales y mixtos se dibujaron en papel blanco guardando una proporción similar en - tre ellos; posteriormente se fotograficaron con película de alto contraste utilizándose los negativos como transparencias de 35

Un tren sale de Guadalajara a México.
 Una hora después otro tren sale de
 México a Guadalajara. Los dos trenes
 van a la misma velocidad. ¿Cuál esta
 rá más cerca de Guadalajara cuando
 se encuentren?

FIGURA 1. 2

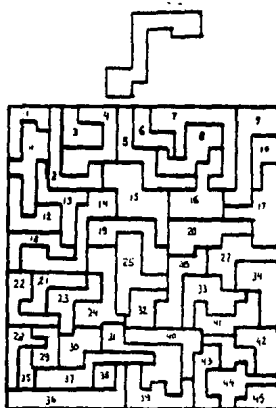


FIGURA 1. 3

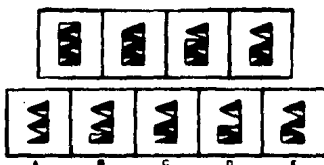


FIGURA 1. 4

mm. conservando su proporción; los caracteres aparecían blancos sobre fondo negro con lo que se evitaba el efecto de un deslumbramiento en los sujetos ante cada transparencia.

Se trató de que los estímulos tuvieran un tamaño adecuado a la distancia del sujeto hacia la pantalla.

Los sujetos estuvieron sentados cómodamente en un cuarto sónico amortiguado aproximadamente a 1.5 m de distancia de la pantalla aunque si lo solicitaban podían acercarse a ella.

Antes de iniciar cada serie se presentaba un ejemplo para cada tarea con el fin de asegurarnos que había comprendido. Los ejemplos y su explicación fueron los mismos para todos los sujetos.

Se insistía en que no debían comenzar la serie con alguna duda. Antes de comenzar cada tarea se ajustaba la nitidez de la imagen y la distancia del sujeto hacia la pantalla. En caso de que el sujeto necesitara lentes debía de utilizarlos durante el experimento.

La respuesta del sujeto para las tres tareas era emitida verbalmente. Se utilizó un sistema automático de tiempo de reacción el cual abría el diafragma del proyector de transparencias al mismo tiempo que hacía correr el reloj; con esto se controlaba el momento exacto de aparición del estímulo para el sujeto y su tiempo de exposición. La imagen desaparecía al dar el sujeto la respuesta verbal; un micrófono de contacto colocado mediante una cinta ajustable alrededor del cuello sobre la laringe detenía el avance del

reloj al registrar las vibraciones de la voz y cerraba el obturador del proyector de transparencias.

Tanto el sensor como su sensibilidad se ajustaba para cada sujeto antes de comenzar la primera serie de estímulos. En la figura # 5 se indican los aparatos utilizados durante la sesión experimental. Los sujetos no recibían ningún tipo de retroalimentación después de dar la respuesta; inmediatamente se le proyectaba la siguiente transparencia de la serie.

Las series (V, E, M) se presentaron en forma contrabalanceada entre sujetos y dentro de cada una contrabalanceado el orden de los estímulos. Después de presentar el ejemplo que correspondiera a la primera serie se daban las instrucciones de esa tarea. Las indicaciones generales fueron: Tratar de no moverse demasiado ni hablar en el transcurso del experimento lo cual podrían hacer al término de la serie; no podrían comer ni masticar durante el mismo; se les decía que sólo había una respuesta correcta sin límite de tiempo para resolver cada estímulo pero que si se les estaba tomando el tiempo; debían dar la respuesta correcta en voz alta hasta que estuvieran completamente seguros de ella; se les pedía que no adivinaran la respuesta y que si tenían alguna duda de la mecánica preguntaran al experimentador pero que no se les podría ayudar en la solución de la tarea; se les informaba que después de cada transparencia se les pasaría la siguiente para que inmediatamente la comenzaran a resolver, si ya conocían alguno de los estímulos debían decirlo al experimentador y se les explicaba que si llegaba a desaparecer accidentalmente

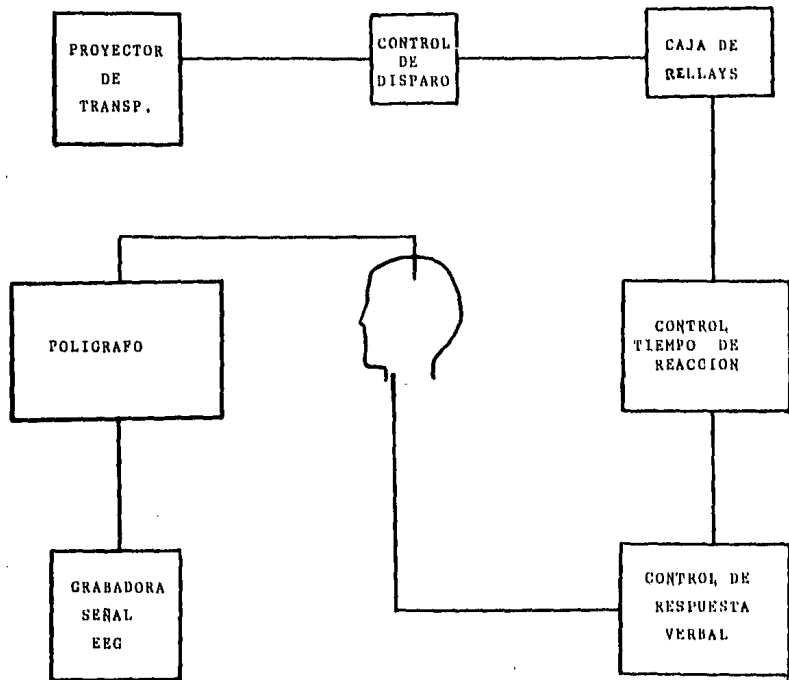


Figura # 5 aparatos utilizados durante la sesión experimental.

una transparencia por algún movimiento brusco no se preocuparan pues se les presentaría inmediatamente, lo cual se conseguía abriendo manualmente el diafragma del proyector.

Como control se aplicó una escala de opinión al sujeto respecto a su grado de involucramiento con la tarea. Se le pedía que escogiera una opción de acuerdo a como se hubiera sentido:

MUY INVOLUCRADO O ATENTO ()
 INVOLUCRADO O ATENTO ()
 POCO INVOLUCRADO O ATENTO ()
 NADA INVOLUCRADO O ATENTO ()

Con esta escala se evaluaba el nivel de atención del sujeto en las tareas con el objeto de saber si se había distraído durante la presentación de algún estímulo. Además se le pedía su opinión y se le presuntaba la estrategia que había utilizado o la forma en que había llegado a la solución.

Entre cada serie se daba un periodo de descanso de 5 minutos en los que si el sujeto quería se le quitaba el sensor del cuello y podía moverse y pararse. A continuación se preparaba todo para la siguiente serie comenzando con las instrucciones de la tarea correspondiente.

REGISTRO ELECTROENCEFALOGRAFICO

Se colocaron electrodos en las siguientes posiciones: Parietal izquierdo y derecho (P3 y P4 según el Sistema Internacional 10-20)

referido cada uno a la oreja ipsilateral y conectado a tierra (nariz).

Se registró la actividad electroencefalográfica en un polisgrafo Beckman R611. La actividad EEG se grabó en una grabadora Vetter modelo II para su posterior análisis fuera de línea.

Se hizo un estudio piloto con otros sujetos con el objeto de determinar la magnitud de los movimientos oculares durante la solución de las tareas; se utilizaron los mismos estímulos y el registro se pasó por un filtro. Al cortar en frecuencias bajas a 2 Hz se eliminaron los movimientos oculares del registro; por esta razón se usó el mismo filtro para el análisis de la señal durante las tareas.

Durante la solución de las tareas se registró la actividad EEG para cada estímulo desde el momento de su aparición hasta el momento en que el sujeto emitió la respuesta.

VI. OBTENCION Y ANALISIS DE DATOS

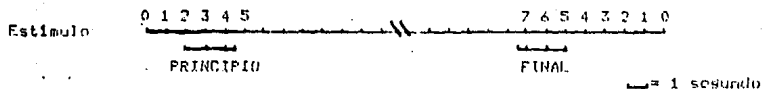
1.- Captura de la señal

La señal electroencefalográfica, previamente amplificada, fue capturada en una computadora PDP 11/40 a través de un convertidor analógico digital con las siguientes características:

- 8 canales de entrada
- 2 bits de resolución
- permite un tiempo de muestreo hasta de un milisegundo por canal, tomados simultáneamente efectivamente, pero con un retardo entre un canal y otro.
- las señales a capturar deben estar en un rango de entre -1 a 11 volt el cual es el rango de salida para la mayoría de los instrumentos electrónicos empleados en fisiología.

Las señales EEG de parietal izquierdo y derecho fueron amplificadas simultáneamente en dos canales del convertidor. Se tomaron 2 medidas de la actividad electroencefalográfica de 2.5 segundos cada una de ellas, la primera se tomó a los 7 segs. de iniciado el estímulo para evitar artefactos debidos a movimientos del sujeto (Principio EEG (P)) y la última 5 segs. antes de que el sujeto emitiera la respuesta (Final EEG (F)). Cada una estuvo formada por 256 puntos de señal con un intervalo entre un punto y otro de 10 milisegundos, a una frecuencia de muestreo de 100 Hz.

La figura siguiente indica la forma en que se tomaron las medidas del Principio y Final de cada estímulo:



En la figura 1.6 se muestra un ejemplo de cómo fue muestreada la señal. En la ordenada tenemos el tiempo expresado en milisegundos y en la abscisa los valores del convertidor. En la gráfica A se ve un ejemplo de 20 segundos de la señal original que entra a la computadora; la gráfica B es la señal muestreada; el intervalo entre un punto y otro es de 10 msec, quedando 100 puntos por cada segundo (100 Hz).

El mismo procedimiento de captura y análisis de datos se empleó para línea base (L.B.) y durante los silencios entre cada serie de pruebas con ojos abiertos y cerrados; pero en este caso se analizaron 20.48 segs. de cada minuto de registro.

2.- Análisis de la señal electroencefalográfica

a) Análisis de la potencia electroencefalográfica

Se filtró la actividad menor de 2 Hz y mayor de 30 Hz y se eliminó la corriente directa (DC) que pudiera existir en las señales. Las frecuencias correspondientes al ritmo Delta (1.5 a 3.5 Hz) fueron eliminadas debido a que: a) son frecuencias muy bajas en las que puede introducirse interferencia de otras fuentes, por ejemplo de movimientos oculares y b) por no ser frecuencias relevantes en el análisis electroencefalográfico durante el estado de vigilia en sujetos normales.

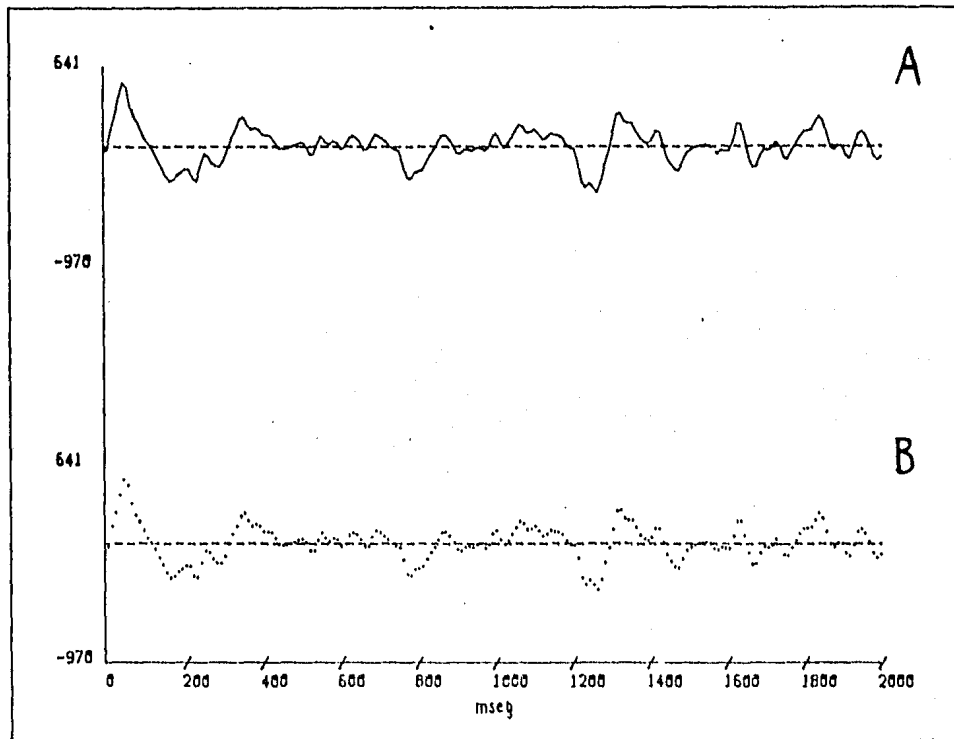


FIGURA #6 A= Señal original B= Ejemplo gráfico del muestreo de la señal

Una vez filtrada la señal, se separaron los diversos componentes de la misma, mediante una Transformada Rápida de Fourier (TRF) de acuerdo a su frecuencia. Cada muestra de señal de EEG está compuesta por todas las frecuencias comprendidas en el rango de 3.5 a 30 Hz. La TRF sustra esta señal agrupando los componentes de frecuencia en las bandas electroencefalográficas como sigue:

theta	3.71	a	7.97
alfa	8.00	b	12.20
beta	13.33	c	29.78

Se considera que la señal electroencefalográfica es un proceso estocástico e estacionario durante un intervalo de 15 a 30 segundos.

El análisis da como resultado los valores absolutos de potencia (espectro de potencia) para cada banda de frecuencias. Estos valores absolutos fueron transformados a potencias relativas en porcentajes, en relación a la potencia total de la señal que contiene todas las bandas de frecuencia.

En la figura 17 se muestra la descomposición de una señal de EEG por bandas: A) señal total con DC; B) señal filtrada; C) potencia de beta contenida en la señal total; D) potencia de alfa contenida en la señal total; E) potencia de theta contenida en la señal total; F) potencia de delta contenida en la señal total. El análisis se realizó para cada condición por separado.

b) Análisis de correlación cruzada

Mediante una correlación r de Pearson, se obtuvo, para cada mues

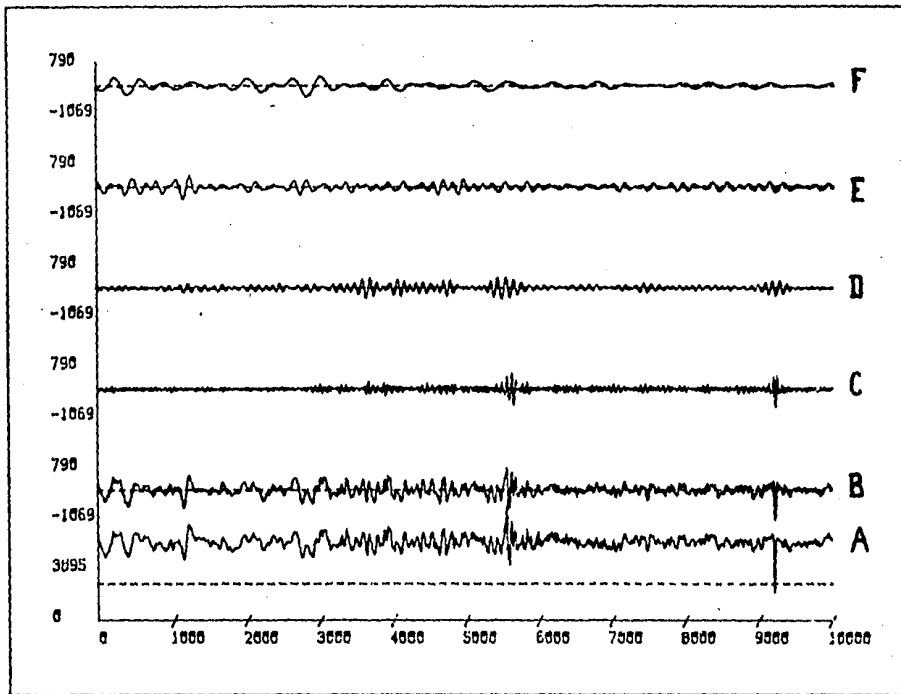


FIGURA # 7 A= Señal original con Corrientes Directa (DC) B= Señal filtrada
 C= Actividad Beta contenida en la señal total D= Actividad Alfa
 E= Actividad Theta F= Actividad Delta

tra de 2.5 seis de señal el coeficiente de correlación lineal en entre los valores de potencia relativa del hemisferio izquierdo y los del hemisferio derecho, para cada banda y durante cada condición experimental.

La correlación entre la señal del HI y del HR fue considerada como un valor de coherencia funcional entre ambos hemisferios, en donde, entre mayor fuera el valor de correlación, mayor sería la coherencia interhemisférica y viceversa.

Para los períodos de silencio en cada banda, se realizó el mismo análisis de correlación cruzada con muestras de 20 segundos de señal eos.

3.- Ejecución en las tareas

Los ensayos o estímulos de cada serie se dividieron de acuerdo a las respuestas del sujeto en aciertos (A) y errores (E). Se obtuvo el promedio del grupo de sujetos para la coherencia y la potencia FER, en los aciertos y en los errores y en cada una de las series de tareas.

La tarea espacial no presentó errores debido a que por el carácter de la misma el sujeto podía corroborar si su respuesta era correcta o no y por no tener límite de tiempo siempre encontraba la respuesta correcta.

VII. ANALISIS ESTADISTICO

Se aplicaron varios análisis de varianza de 2 factores para medidas repetidas de un mismo sujeto (R. Kirk, 1968) para las siguientes variables:

- A) Con las potencias relativas de cada banda (alfa, beta, theta), se realizó, para cada hemisferio y para la tarea verbal (TV) y la tarea mixta (TM), el siguiente análisis:

FACTOR A = Principio y Final (P/F)

FACTOR B = Acierto y Error (A/E)

Este análisis de varianza no se hizo para la tarea espacial (TE) pues no presentó errores (Ver tabla 1).

- B) Unicamente con los valores de potencia relativa de los aciertos, se hizo, para cada una de las bandas y para el principio (P) y el final (F), el siguiente análisis (Ver tabla 2):

FACTOR A = Hemisferios (P3, P4)

FACTOR B = Tareas (V, E, M, L, B)

- C) Con los valores de correlación cruzada de cada banda durante la solución de tareas se hizo un análisis de varianza para la tarea verbal y para la tarea mixta (Ver tabla 3):

FACTOR A = Principio y Final (P/F)

FACTOR B = Acierto y Error (A/E)

Este análisis de varianza no se hizo para la tarea espacial pues como ya se mencionó, no presentó errores.

- D) Con los valores de potencia relativa de cada banda durante el reposo, se hizo el siguiente análisis para los dos hemisferios (Ver tabla 4):

FACTOR A = Ojos Abiertos y Cerrados (OA/OC)

FACTOR B = Silencios (L.B.,SV,SE,SH)

- E) Con los valores de correlación cruzada de cada banda durante el reposo (Ver tabla 5), se hizo el siguiente análisis:

FACTOR A = Ojos Abiertos y Cerrados (OA/OC)

FACTOR B = Silencios (L.B.,SV,SE,SH)

- R E S U L T A D O S -

POTENCIA RELATIVA DE LAS 3 BANDAS DURANTE LA SOLUCION DE LAS
TAREAS, ACIERTOSA) DIFERENCIAS ENTRE TAREAS (V, E, M, L.B) Y ENTRE HEMISFERIOS
(HI, HD)

Durante la solución de las tareas se observa, en relación a la línea base, un aumento de la potencia relativa de beta y theta y disminución de la de alfa en ambos hemisferios y tanto al principio como al final del estímulo (Ver tabla 6).

A continuación se describen con más detalle los resultados de cada banda para el Principio del estímulo y para el Final:

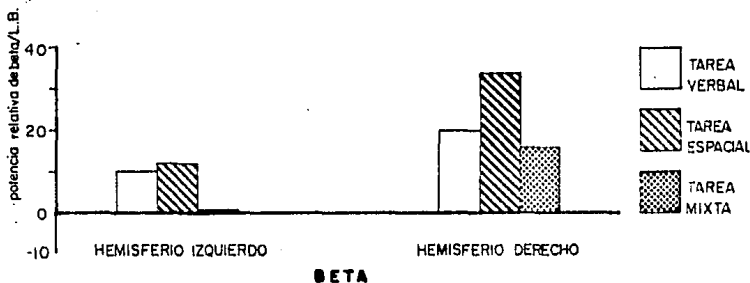
PRINCIPIO

BETA Y THETA

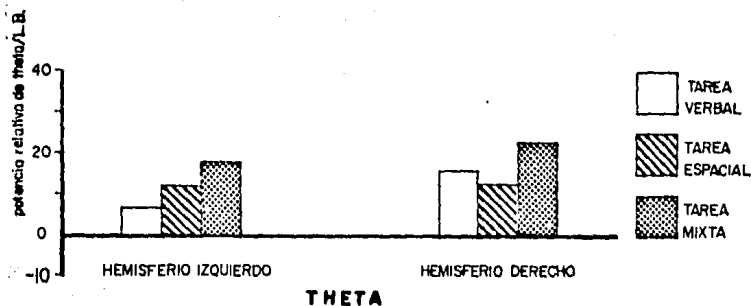
Estas bandas muestran cambios durante la solución de tareas pero éstos no fueron significativos para ninguno de los factores (Tareas/Hemisferios) (Ver gráficas # 1 y # 2).

ALFA

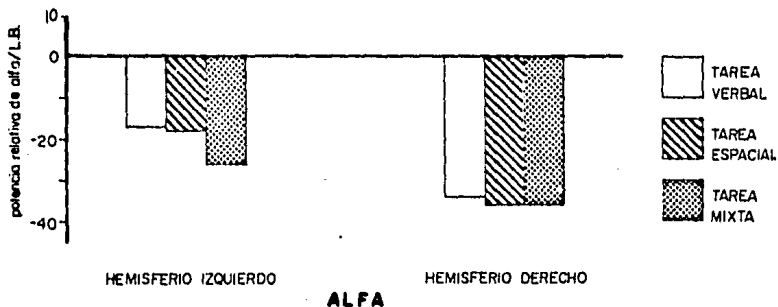
La potencia relativa de alfa presenta diferencias significativas entre las tareas ($F=7.11$ a 7.3 , $p < 0.0005$) aunque la potencia es diferente entre los hemisferios dependiendo en el involucrado con en el derecho ($F=3.25$ a 3.3) esta diferencia no alcanza la significancia estadística.



GRAFICA 2.11 En esta grafica se presenta el cuadro de la potencia relativa de beta durante la solución de los tres tareas (V) E) M) en relación a la línea base involucrada con en 0. Las diferencias que se observan entre tareas y entre hemisferios no fueron significativas estadísticamente.



GRÁFICA 2: En esta gráfica se presenta el cambio de la potencia relativa de Theta durante la solución de las 3 tareas (V, E, M) en relación a la línea base, indicada con un 0. Las diferencias que se observan entre tareas y entre hemisferios no fueron significativas estadísticamente.



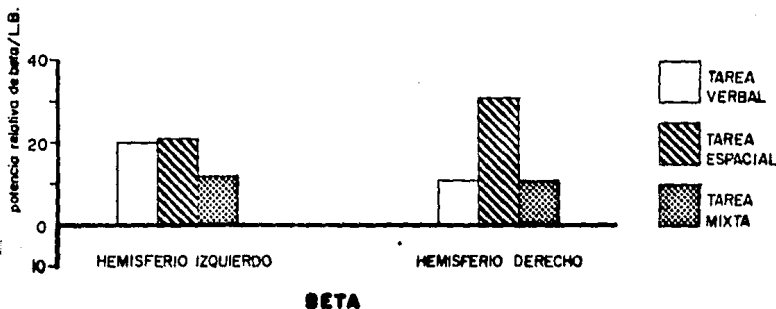
GRÁFICA 3: En la gráfica se muestran los cambios de la potencia relativa de Alfa durante la solución de tareas en relación a la línea base indicada como 0. Esta banda presenta diferencias significativas entre tareas. Aun que la atenuación fue mayor en el HD, esta diferencia no alcanzó la significancia estadística.

FINAL

BETA

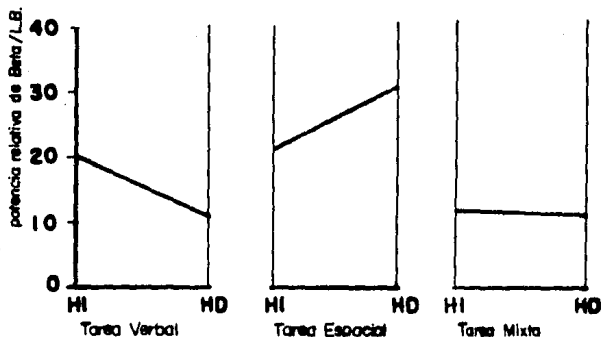
La potencia relativa de beta al final del estímulo muestra cambios significativos tanto entre tareas ($F=2.94$ gl (7,3), $p < 0.04$) como entre hemisferios ($F=5.58$ gl (7,3), $p < 0.02$) (Ver gráfica #4 y Tabla 6).

En general se observa aumento de la potencia relativa de beta en todas las condiciones respecto a la línea base pero en diferente proporción en cada hemisferio y en cada tarea.



GRAFICA #4: En esta gráfica se presentan los cambios de la potencia relativa de Beta sobre la línea base, indicada como 0, durante la solución de tareas al final del estímulo. Las diferencias entre tareas y entre hemisferios fueron significativas.

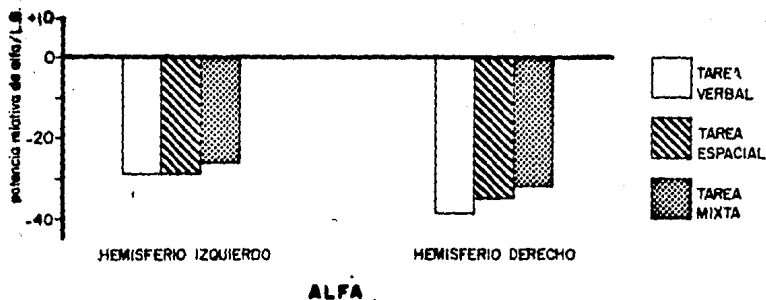
La potencia relativa de beta aumentó respecto a la línea base durante la tarea verbal es mayor en el hemisferio izquierdo (HI), durante la tarea espacial la relación se invierte siendo mayor en el derecho y durante la mixta es idéntica en ambos hemisferios (gráfica # 5).



GRAFICA #5: En esta gráfica se muestran los cambios hemisféricos de la potencia relativa de Beta en los 3 períodos al final del estímulo sobre la línea base (indicada como 0). Se observa que la activación de cada hemisferio es diferente en cada tarea: durante la TV la activación es mayor en el HI, en la TE la activación es inversa: mayor en el HD y en la TM el aumento de potencia es igual en ambos hemisferios.

ALFA

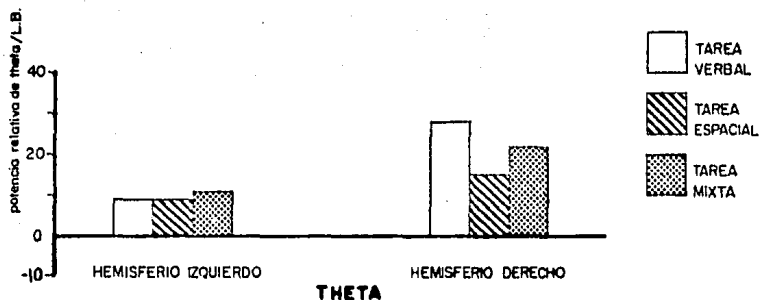
La potencia relativa de alfa disminuye respecto a la línea base en las 3 tareas y aunque la potencia resulta mayor en el HI que en el derecho, la diferencia es significativa sólo entre tareas (F 14.47 sl (7,3) p < 0.0001) (Ver gráfica 4.6 y tabla 6).



GRÁFICA 4.6. Este gráfico muestra los valores de potencia de Alfa sobre la línea base (tomada como 0) durante la resolución de tareas al final del estudio. Las diferencias fueron significativas entre tareas pero no entre hemisferios.

THETA

Se encontró aumento en la potencia relativa de theta respecto a la línea base en las 3 tareas. La diferencia entre tareas fue significativa ($F_{4,33} 217.33$, $p < .0000$) aunque no hay diferencias estadísticas entre hemisferios. La diferencia es mayor en el derecho asociándose en las tareas verbal a un 4 (Ver gráfica 17 y tabla 6).



GRAFICA 17: En este gráfico se observa la potencia de Theta sobre la línea base durante la solución de tareas al final del estímulo. La diferencia no fue significativa entre hemisferios pero sí entre tareas.

B) DIFERENCIAS ENTRE LA ACTIVIDAD HEMISFÉRICA DE ACIERTOS Y ERRORES (A/E) Y ENTRE PRINCIPIO Y FINAL (P/F) DE LOS ESTIMULOS

Entre aciertos y errores no hay diferencias significativas en ninguna banda ni hemisferio (Ver gráficas # 8, 9 y 10). No hay interacción entre estos dos factores (Tabla 6).

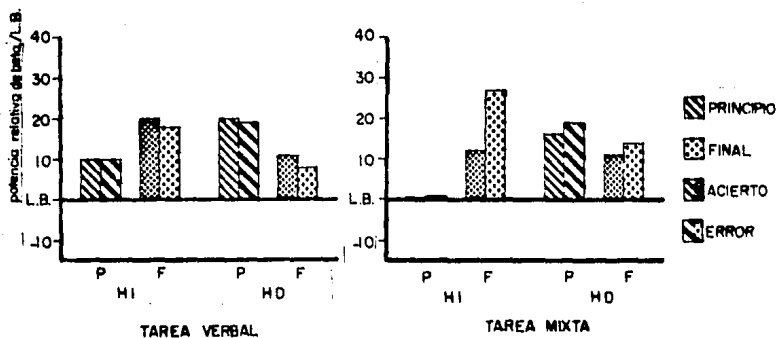
A continuación se presentan los resultados entre el principio (P) y el final (F) para cada tarea en cada hemisferio.

BETA

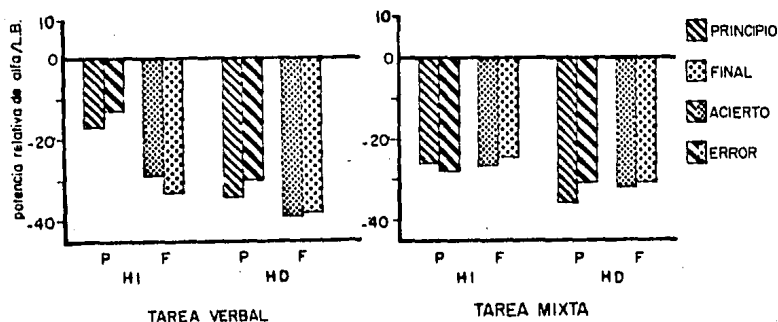
La potencia relativa de beta muestra cambios significativos entre P y F solamente en la tarea verbal en el hemisferio izquierdo (F= 6.78 al (5.1) y $p < 0.02$) en donde al principio del estímulo la potencia relativa es igual que en la línea base mientras que al final la potencia relativa en este hemisferio aumenta (Ver gráficas # 3).

ALFA

La potencia relativa de alfa mostró cambios significativos entre el principio y el final de la tarea verbal en ambos hemisferios; en la potencia disminuye en comparación con la línea base pero la disminución es mayor al final que al principio (HI: F=8.53 al (5.1) y $p < 0.01$ (HB: F=11.20 al (5.1) y $p < 0.004$) (ver gráficas # 9).



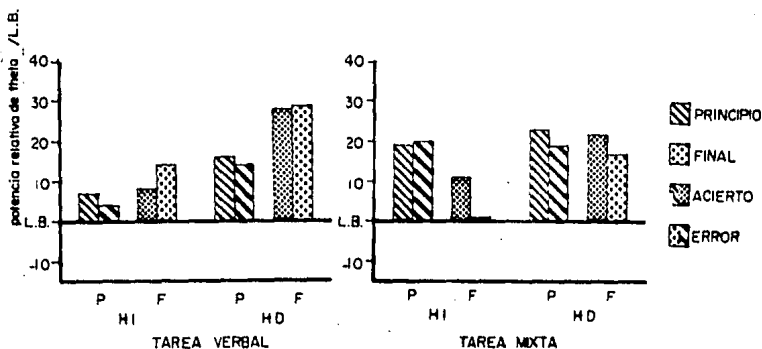
GRAFICA 10: Esta grafica muestra los valores de potencia de beta en relación a la línea base indicada como 0 durante la solución de tareas. Se observa que entre A y F no hay diferencias en la activación hemisférica. Nótese el cambio entre P y F en el HI de la TV en donde al final aumenta la potencia de beta.



GRAFICA 11: En esta grafica se muestran los cambios de la potencia relativa de alfa en relación a la línea base indicada como 0 durante la solución de tareas. Obsérvese que la potencia relativa de alfa disminuye más al final del estímulo que al principio.

THETA

Las diferencias significativas entre P y F en la potencia relativa de theta se dan en la tarea mixta y la tarea verbal. La diferencia en la TH se debe a que en el hemisferio izquierdo el aumento de la potencia es mayor al principio del estímulo ($F=10.39$ al (5:1), $p < 0.006$); en la tarea verbal la potencia es mayor al final en el hemisferio derecho en relación con el principio ($F=28.52$ al (5:1), $p < 0.0001$) (verifica t 10).



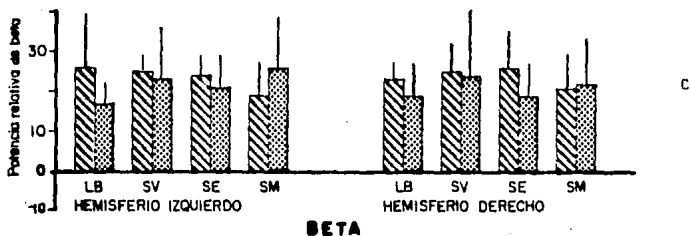
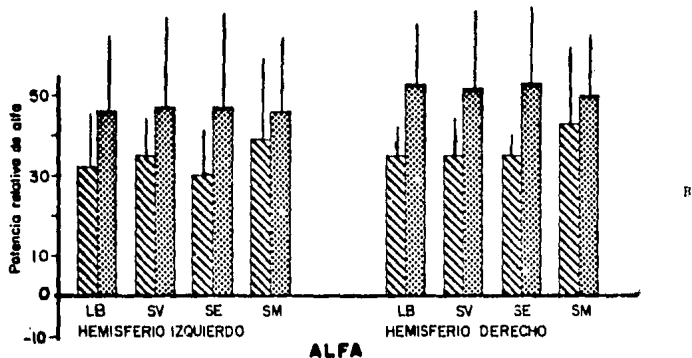
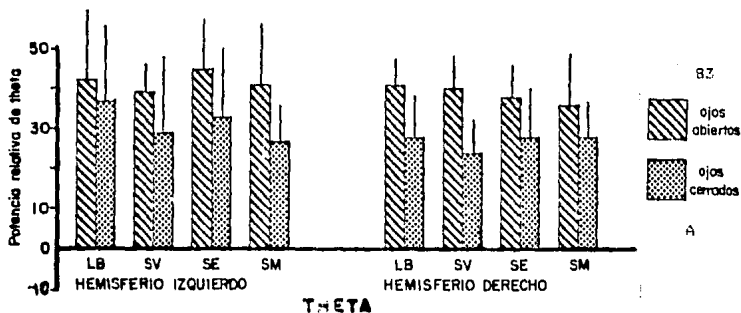
GRÁFICA 110: En este gráfico se presentan los valores de la potencia relativa de theta respecto a la línea base indicada como 0. Las diferencias significativas se dan entre P y F para la TH en el HI en donde se observa mayor potencia al principio y para la TV en el HD siendo mayor la potencia al final que al principio.

POTENCIA RELATIVA DE LAS 3 BANDAS DURANTE EL REPOSO (L.R., SV,
SE, SM)

A) DIFERENCIAS ENTRE SILENCIOS Y CONDICION OJOS ABIERTOS (OA)
OJOS CERRADOS (OC)

No se encontraron diferencias en la actividad electroencefalográfica entre silencios (Ver gráfica # 11 A+B+C), en cambio entre OA/OC hay diferencias significativas para la potencia relativa de theta y de alfa tanto en el hemisferio izquierdo ($F=12.12$ gl (7,3), $p < 0.001$) como en el derecho ($F=45.38$ gl (7,3), $p < 0.0001$). La potencia relativa de theta es mayor con los ojos abiertos que con los ojos cerrados (Ver gráfica #11A) mientras que la de alfa es mayor al cerrar los ojos (Ver gráfica #11B). Estos cambios son significativos en ambos hemisferios (Table 7).

Beta presenta una interacción entre los dos factores en el hemisferio izquierdo: la potencia relativa es mayor en la L.R. y menor en el SM con OA, mientras que con OC es menor en L.R. y mayor en el silencio mixto ($F=2.80$ gl (7,3), $p < 0.05$).



GRAFICA #11: Promedias y Desviación Standard de las potencias relativas del A= Theta, la potencia es mayor con OA. B= Alfa, la potencia es mayor con OC. C= Beta. Hay una interacción entre OA/OC y SILENCIOS. No hay diferencias significativas entre silencios en ninguna de las bandas (L.B.= línea base; SV= silencio verbal; SE= silencio espacial; SM= silencio mixto).

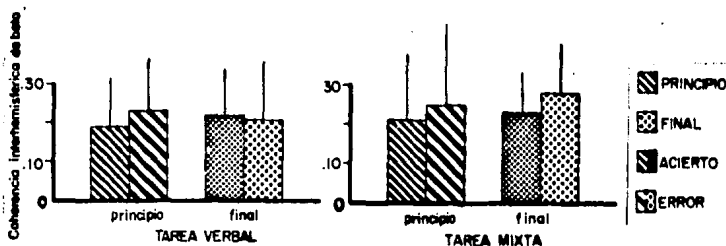
CORRELACION INTERHEMISFERICA EN LAS 3 BANDAS DURANTE LA SOLUCION DE TAREAS

A) DIFERENCIAS ENTRE ACIERTOS Y ERRORES (A/E) Y PRINCIPIO Y FINAL (P/F)

En las gráficas #12, #13 y #14 se puede apreciar que la coherencia es mayor en los errores que en los aciertos pero esta diferencia no resulta significativa aun que en la banda de beta (Ver gráfica #12 y tabla 8).

BETA

La única diferencia significativa entre A y E se dio en esta banda para la tarea verbal ($F=8.33$ al $(5,1)$, $p < 0.01$). No hubo diferencias entre principio y final (Ver gráfica # 12).

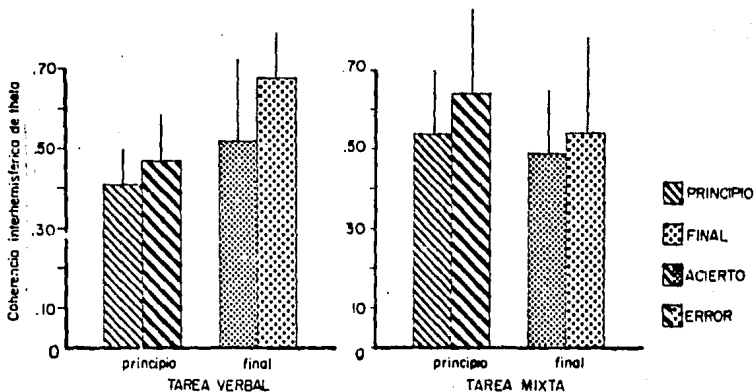


BETA

GRAFICA #12: En esta gráfica se muestra la correlación interhemisférica de Beta entre A y E al principio y al final del estímulo. La tarea espacial no se muestra - pues no presentó errores.

THETA

Entre Principio y Final hay una diferencia significativa en la correlación en donde durante la TV aumenta al final respecto del principio ($F=45.06$ gl (5, 1), $p < 0.0001$) (Ver gráfica #13).

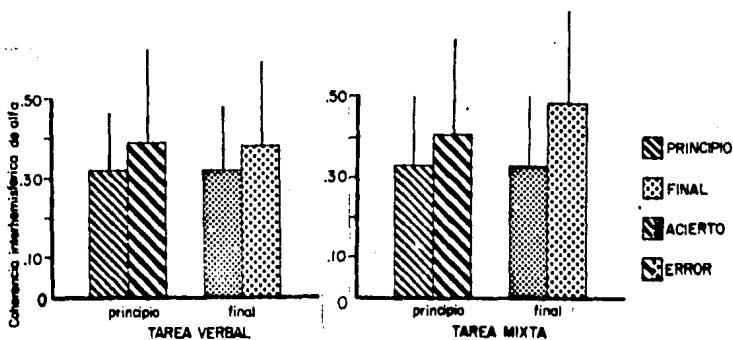


THETA

GRAFICA #13: Esta gráfica muestra la correlación interhemisférica de Theta entre A y E y al principio y final del estímulo. No hay diferencias significativas entre A y E, pero sí entre P y F en la tarea verbal en donde la correlación es mayor al final.

ALFA

Para esta banda no se obtuvo ningún cambio significativo en la coherencia (Ver Gráfica #14).



ALFA

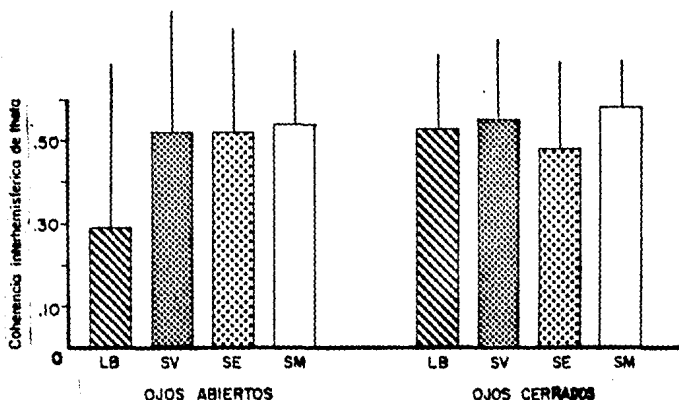
GRAFICA #14: Los cambios que se observan en la coherencia interhemisférica de Alfa no fueron significativos.

**CORRELACION INTERHEMISFERICA EN LAS 3 BANDAS DURANTE EL REPOSO
(L.B. SV, SE, SM) CON OJOS ABIERTOS Y OJOS CERRADOS (OA/OC)**

**DIFERENCIA ENTRE SILENCIOS (SV, SE, SM, L.B.) Y OJOS ABIERTOS (OA)
Y OJOS CERRADOS (OC)**

THETA

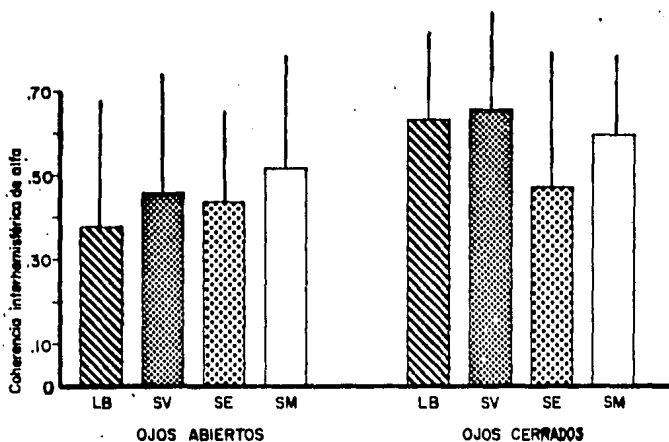
La única diferencia significativa entre silencios fue en la banda de theta, en donde con OA se observa mayor coherencia en los silencios que en la línea base ($F=2.65$ e) (2,3), $p < 0.05$). Con OC las diferencias no son notorias (Ver grafico # 15 y tabla 9).



GRAFICA #10: Esta grafica muestra los valores de correlación interhemisférica de theta durante reposo (SV, SE, SM, L.B.). Obsérvese que la coherencia es mayor en los silencios posteriores a las tareas que en la línea base. Sin embargo, las diferencias con OC no son muy claras. No hay diferencias significativas entre OA y OC.

ALFA

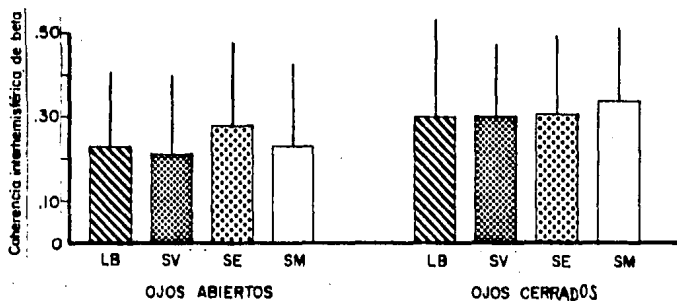
Esta banda presenta resultados significativos entre OA y OC; la coherencia es mayor con OC en todos los silencios ($F=14.37$ sl (7,3), $p < 0.0004$) (Ver gráfica #16). Se dió una interacción entre factores, que está dada por la línea base ($F=2.61$ sl (7,3), $p < 0.06$).



GRAFICA # 16: Esta gráfica muestra los valores de correlación interhemisférica de Alfa durante reposo (SV, SE, SM, L.B). Hay diferencias significativas entre OA y OC pero no entre silencios.

BETA

En beta se dieron diferencias significativas entre OA y OC y, al igual que en alfa, la coherencia es mayor con OC ($F=15.30$ sl (7,3), $p < 0.0003$) (Ver gráficas #17). No hay diferencias entre silencios.



GRAFICA #17: Esta gráfica muestra los valores de correlación interemisférica de Beta durante reposo (SV, SE, SM, LB). La correlación es mayor con OC. No se dieron diferencias significativas entre silencios.

RESULTADOS DE LA ESCALA DE ATENCION Y DEL REPORTE DE ESTRATEGIA
UTILIZADA POR EL SUJETO

En la tabla siguiente se presentan las frecuencias de respuesta en la escala de atención presentada al sujeto después de cada tarea.

Como se puede observar, las respuestas se centran dentro de las menciones más altas de la escala: 'muy involucrado o atento' e 'involucrado o atento'.

	TAREA VERBAL	TAREA ESPACIAL	TAREA MIXTA
	f	f	f
MUY INVOLUCRADO O ATENTO	5	5	5
INVOLUCRADO O ATENTO	3	3	3
POCO INVOLUCRADO O ATENTO	-	-	-
NADA INVOLUCRADO O ATENTO	-	-	-
	-----	-----	-----
TOTAL DE SUJETOS	8	8	8

El cuestionario de la estrategia utilizada para cada tarea no mostró diferencias de estrategia entre sujetos.

- C O N C L U S I O N E S -

Los resultados de nuestro experimento comprueban que la actividad eléctrica cerebral es un reflejo del estado del cerebro. Como muestra de lo anterior es el cambio encontrado en el patrón de actividad electroencefalográfica entre la línea base o condición de reposo y cuando los sujetos están solucionando las tareas.

Los cambios que encontramos tienen un significado fisiológico y son una expresión del estado funcional del área en la que fueron registrados (F3 y F4). De hecho es todo lo que el registro electroencefalográfico cerebral nos puede decir pues mide solamente la actividad promedio de una área de tejido neuronal y no se pueden registrar cambios discretos de la actividad de pequeñas áreas, aunque esta limitación es real; la actividad eléctrica del cerebro ha sido utilizada como una medida sensible de cambios funcionales del cerebro durante la solución de tareas (Árrollaga y Schwab, 1950; Jones y Gordon, 1975; Grabow y cols., 1977; Leonard y cols., 1976; Ray y cols., 1981; Vogel y cols., 1973; Mashford y Gater, 1982; Holmes y Moore, 1961; Spellichan y Wiener, 1972).

En nuestros experimentos los cambios encontrados durante la solución de tareas fueron en general: aumento de la potencia relativa de theta y beta sobre la línea base y disminución de alfa.

El aumento de la potencia relativa de beta sobre la línea ba

se durante la solución de tareas está de acuerdo con la conceptualización de este ritmo como indicador de activación de un área o hemisferio cerebral.

El aumento de la potencia relativa de theta podría atribuirse a somnolencia puesto que una de las características de la etapa I de sueño es un aumento en esta potencia (Foulkes y Wesely, 1965). Sin embargo, en nuestro experimento se descarta la posibilidad de que los sujetos tuvieran sueño o empezaran a dormirse pues: a) en la escala en la que se evaluaba el grado de involucramiento o atención hacia las tareas se obtuvieron respuestas de 'atento' y 'muy atento', que son las puntuaciones más altas de la escala; b) los sujetos habían dormido bien la noche anterior al experimento; c) ninguno estaba ingiriendo medicamentos que afectaran al eeg y d) el tiempo de reacción para cada reactivo era de unos cuantos segundos.

La presencia de ritmo theta (3-7 Hz) durante la solución de las tareas está de acuerdo con los resultados obtenidos en otros estudios (Arellano y Schwab, 1950) así como durante tareas mentales (Brazier y Cashy, 1952; Muddley y Castle, 1951, 1957; Volavka y col., 1967). Sin embargo, Doyle y col. (1974) no encontraron efectos hemisféricos de theta durante la solución de tareas. Mizuka y col. (1980) no pudieron relacionar la presencia de theta en la línea media frontal con el número de aciertos en una tarea ni con el número de reactivos logrados. Estos autores proponen que la aparición de theta en la línea media frontal es-

tá relacionada a factores de personalidad más que al nivel de activación ante una tarea.

Por otro lado, Elmer y Alice Green (1977) entrenaron a sujetos a aumentar su ritmo theta mediante retroalimentación auditiva; a lo largo de la sesión el experimentador los interrumpía cuando observaba la dominancia de alfa, beta o theta y les presentaba su experiencia en ese momento. La presencia de theta se asoció con sensaciones de profunda internalización de emociones y pensamientos y quietud del cuerpo.

Ramos y Corsi (1985) encontraron un aumento en la potencia relativa de theta en sujetos que escuchaban música que ellos mismos calificaron como agradable y placentera. Los mismos sujetos mostraron disminución de theta ante el llanto de un bebé, sonido que calificaron como desagradable y molesto.

Por otro lado, Mizuki y col. (1980) dicen que theta se ha relacionado con un mecanismo de atención o de nivel de despertamiento del sujeto*.

Por lo tanto, haciendo un paralelismo entre el estudio de E. y A. Green y Misuki, otra posible interpretación del aumento en la potencia de theta sería que la presencia de ritmo theta en la solución de tareas no está indicando el grado de actividad intelectual de los sujetos, sino la concentración o involucramiento del sujeto en la tarea. Esto es, el sujeto está manejando interiormente la información; ignorando lo que sucede en el exterior.

Sin embargo, con la presente investigación no se puede llegar a conclusiones que expliquen el incremento de ritmo theta durante la solución de tareas y será necesario seguir explorando su significado en vigilia y específicamente en condición de solución de problemas.

La disminución de la potencia relativa de alfa sobre la línea base está de acuerdo con otros trabajos en los que se ha observado esta frecuencia como característica de condición de reposo y situaciones de inactividad cognitiva.

Las diferencias entre hemisferios fueron significativas únicamente en la banda de beta al final del estímulo. Este resultado es el más relevante en nuestro experimento en relación al proceso de especialización hemisférica.

Como ya se mencionó, en la potencia relativa de beta hay un aumento en ambos hemisferios respecto a la línea base, pero el nivel de activación de cada uno es diferente entre tareas: durante la tarea verbal la activación es mayor en el hemisferio izquierdo que en el derecho; en la tarea espacial, la relación es inversa: mayor potencia relativa de beta en el hemisferio derecho que en el izquierdo y en la tarea mixta la relación es igual, o sea, el aumento de la potencia sobre la línea base es igual en ambos hemisferios.

El ritmo beta se ha considerado indicador de despertamiento cortical, como en el estado de vigilia, y se relaciona con un alto nivel de actividad intelectual (Árdila, 1977) y con el descom-

peño de tareas.

Estos resultados confirman la hipótesis de especialización hemisférica. Nosotros esperábamos que en la tarea verbal-analítica se manifestara mayor actividad del hemisferio izquierdo; en la tarea espacial esperábamos más activación del hemisferio derecho y durante la tarea mixta, la hipótesis consistió en que participarían los dos hemisferios y por lo tanto no existiría diferencia de activación entre ellos.

En nuestros resultados observamos que aunque en la potencia relativa de beta se manifiesta una diferenciación en la activación hemisférica ante cada tarea (Gráficas 1 y 2), el hemisferio izquierdo se activa efectivamente de la misma manera en la tarea verbal y espacial, siendo el HB el que da la diferencia, pues en la tarea verbal, la potencia relativa es menor en este hemisferio (10% sobre la línea base) y en la tarea espacial el aumento de potencia relativa sobre línea base es mayor (30%).

Este resultado está de acuerdo con Levy (1965) que postula que no existe ninguna actividad en la que esté involucrado un solo hemisferio, sino que tenemos un cerebro diferenciado con cada hemisferio contribuyendo con sus habilidades especializadas a la actividad cognitiva total. Este postulado no niega la especialización hemisférica de funciones pero Levy rechaza la teoría de que un individuo utiliza preferentemente un hemisferio para solucionar tareas como un estilo cognoscitivo propio.

El nivel de activación hemisférica durante la tarea mixta medido en términos de la potencia relativa de beta sobre la línea base es menor que en las otras tareas; esto puede deberse a que por haber participación de ambos hemisferios, se economiza la activación total.

Los resultados anteriores solo fueron significativos estadísticamente durante el final del estímulo. Esto puede deberse a que al principio, la información es percibida en forma general, como un proceso de conocimiento del estímulo mientras que al final, se lleva a cabo un proceso de búsqueda de la solución.

Aunque la diferencia en la potencia relativa de alfa entre los dos hemisferios durante la línea base no fue significativa estadísticamente, puede observarse mayor potencia relativa en el hemisferio derecho que en el izquierdo. Esto está de acuerdo con otros estudios en los que se ha encontrado mayor cantidad de alfa en el hemisferio derecho en condiciones de reposo (Grabow, 1979) y aún durante la solución de tareas (McKee, 1977).

Grabow (1979) lo atribuye a 'que los sujetos pueden estar pensando en términos verbales (asumiendo la dominancia del lenguaje)'. Sin embargo, otros estudios no han encontrado diferencias en la asimetría de alfa en la línea base (Rutler y Glass, 1974).

Aunque para alfa no se encontraron diferencias significativas entre hemisferios, en las gráficas 3 y 6, se observa

que la atenuación de este ritmo es mayor en el HD. Esto podría explicarse con base en la idea de Grabow, o sea, que el sujeto está "pensando en términos verbales" aún durante condición de reposo; entonces, la activación del hemisferio izquierdo es mayor que el derecho por lo que el HD sufre un cambio más notorio respecto a la línea base durante la solución de las tareas; otra posibilidad es que los tres tipos, aún la verbal, requieran de un análisis espacial tal como el análisis configuracional de las letras (Cohen, 1972) por lo que se entiende la intervención del HD.

La ausencia de significancia en estos resultados podría deberse a una gran variabilidad individual.

En las gráficas # 3 y # 4 se observa que la diferencia entre tareas en la potencia relativa de alfa no es muy notoria. Para theta (gráficas # 2) se observa un cambio durante la tarea mixta que presenta mayor potencia relativa que las otras. Sin embargo, para estas dos bandas la diferencia significativa la está dando la línea base; entre tareas prácticamente no hay cambio.

El hecho de que no se observen mayores diferencias entre tareas podría deberse a:

a) las tareas no requieren el tipo de procesamiento que se asumió (verbal, espacial, mixto) b) la diferencia cualitativa entre tareas no fue suficiente para que se notara su efecto, c) la

potencia de alfa y theta no es sensible a diferentes tipos de tareas; d) las diferencias en las manifestaciones electroencefalográficas no dependen de las tareas sino de las características propias de los sujetos.

En términos de la primera alternativa, esto es, que las tareas no demandaran el tipo de procesamiento asumido, es improbable, debido a que la diferencia en la banda de beta entre hemisferios sí fue significativa para cada tarea y el tipo de tareas empleado es similar al empleado en otros experimentos.

La segunda alternativa resulta más probable, quizás es necesario utilizar tareas más extremas en cuanto al procesamiento que requieren y la información que contienen.

La tercera posibilidad es que diferentes tipos de actividad intelectual no se reflejen en alfa y theta; probablemente porque estos ritmos reflejan cambios inespecíficos en el estado general del funcionamiento cerebral. Sin embargo existen trabajos que han encontrado cambios en el ritmo alfa específicos al tipo de tarea (Galín y col., 1976; Dumas y Marsan, 1975; Sillis y col., 1979; entre otros) por lo tanto, la cuarta alternativa es la que creemos responsable de nuestros resultados y de resultados contradictorios encontrados en el campo de especialización hemisférica. Es decir, que además del efecto del tipo de tarea existe una gran variabilidad individual de características, como habilidades, estrategias utilizadas o características electroencefalográficas propias.

Por ejemplo, Ehrlichman y Wiener (1979) han encontrado que el funcionamiento electroencefalográfico de un sujeto es consistente entre tareas y aún entre diferentes condiciones experimentales en un mismo sujeto, lo cual indica que existe una relación entre el patrón EEG y el funcionamiento normal de un sujeto. También se han analizado los resultados de acuerdo a la estrategia que el sujeto dice haber utilizado, independientemente de la tarea (Ray y col., 1981; Shephard y Gale, 1982).

Dumas y Mordan (1975) encontraron diferencias entre dos grupos de sujetos: artistas e ingenieros. Aunque no se manifestaron diferencias en la activación hemisférica encontraron diferencias en la amplitud de alfa. Aquellos sujetos que mostraban mayor amplitud de alfa en línea base, por lo general eran artistas y aquellos que presentaban pequeña amplitud tendían a tener una orientación más tecnológica. Esto indica que el estilo cognoscitivo ejerce una influencia en las manifestaciones electroencefalográficas durante la solución de tareas.

Para la tarea mixta se encontraron diferencias significativas en la potencia relativa de beta entre el principio y final de la tarea. Esta diferencia podría deberse a que la información de los estímulos de la tarea mixta son de carácter espacial y esto provocaría un aumento de la potencia de beta en el hemisferio derecho cuando se está percibiendo. Sin embargo, para llegar a la solución del problema se requiere de un procesamiento analítico y ésta podría ser la razón del aumento en la potencia

relativa de beta en el hemisferio izquierdo al final de la tarea.

Para la tarea verbal se encontró una diferencia significativa en la potencia relativa de alfa entre el principio y final en ambos hemisferios; la atenuación de la potencia relativa de alfa es mayor al final del estímulo. Este cambio puede deberse a una diferencia en el manejo de información, en donde al final requiere de mayor procesamiento que al principio, por lo que la ausencia de alfa indica mayor actividad cortical.

Contrariamente a lo que esperábamos, no se encontraron diferencias entre aciertos y errores en la potencia de ninguna banda para ninguna tarea. Esto puede deberse a que el sujeto no conocía el resultado de su desempeño en la tarea, pues no recibía retroalimentación, por lo tanto no tenía conciencia de estar cometiendo un error o a que la potencia refleja un nivel general de activación inespecífica pero no la calidad correcta o incorrecta, o el tipo de estrategia del procesamiento que se está llevando a cabo.

Pensábamos que la medida de correlación cruzada iba a reflejar con más precisión diferencias en el procesamiento de información, que la medida de potencia puesto que puede considerarse como un parámetro que informa del "funcionamiento conjunto de varias zonas cerebrales" (Colter y Shaw, 1982; Simmon y Rusakov, 1980) e incluso como una medida aún más sensitiva que el espectro de potencia de cada área de la neocorteza tomada separadamente (Grindel, 1982; Shaw y O'Connor, 1977; Dillbeck y Bron-

son; 1981); sin embargo, no reflejó cambios entre tareas y también fue poco sensible a diferencias entre aciertos y errores. Aunque en las gráficas # 12, # 13 y # 14 pueden observarse cambios claros en donde la coherencia es mayor durante los errores, éstos no fueron significativos estadísticamente.

Las diferencias en la coherencia fueron significativas únicamente durante la tarea verbal para la banda de beta, en donde la coherencia interhemisférica fue mayor en los errores que en los aciertos al principio del estímulo. Este resultado puede deberse a que la coherencia indica, más que un trabajo coordinado entre los hemisferios, un desaprovechamiento de las capacidades específicas de cada uno. Esto es, cada área cerebral tiene una función; al usarlos indiscriminadamente, el aprovechamiento de sus funciones no es "la óptima", lo cual se reflejaría en un aumento en la coherencia (Tatcher, 1984).

Tatcher (1984) encontró que niños que se desempeñaron mejor en una tarea cognitiva presentaron menor coherencia que aquellos cuyo desempeño fue deficiente, o sea que la baja coherencia estuvo relacionada con mejor desempeño.

Durante las condiciones de reposo (L.B., SV, SE, SH) la banda de alfa se comportó de acuerdo a la observación clásica de que cuando un sujeto está en vigilia, relajado con ojos abiertos, la cantidad de alfa predomina (gráfica # 11 B) y al cerrar los ojos la cantidad de alfa es aún mayor (Kamiya, 1976; Jasper y Shadass, 1941; Walter y Yeager, 1956; Gastau, 1952).

Una de las hipótesis de este trabajo consistía en que la actividad electroencefalográfica se reflejaría en el silencio posterior a cada tarea en la misma dirección que se esperaba para ésta, por lo que se esperaban encontrar diferencias entre silencios (SV, SF, SH, L.R.).

Se pensaba que a lo largo de las tareas, el efecto de la práctica provocaría los cambios de activación siguientes: mayor activación en el hemisferio izquierdo para el silencio verbal, mayor en el derecho para el espacial y, en el caso del silencio mixto, una activación homogénea. Sin embargo, no se reflejaron diferencias significativas entre silencios (gráfica # 11). Tampoco se observaron diferencias entre hemisferios. Grabow (1979) encontró atenuación de alfa en el hemisferio correspondiente a la ejecución de una tarea en el silencio posterior a ella.

El mayor aumento de la potencia relativa de theta con ojos abiertos que con ojos cerrados podría deberse a un mecanismo de atención o nivel de despertamiento del sujeto (Mizuky y col., 1980).

Entre silencios, la coherencia interhemisférica fue diferente sólo en la banda theta (gráfica # 15). Gráficamente se observa que la coherencia es mayor en los silencios posteriores a las tareas que en la línea base.

La diferencia en el nivel de coherencia entre ojos abiertos y ojos cerrados fue significativa para beta y alfa, siendo mayor con ojos cerrados en ambas bandas, tal vez por menor demanda de

procesamiento de información externa pues al cerrar los ojos el sujeto puede desligarse de la información que estaba procesando, por lo que aumenta la coherencia al estabilizarse la actividad entre los hemisferios. En cambio, con los ojos abiertos, la información continúa presente en el sujeto pues no se aísla de la estimulación externa.

En resumen, la presente investigación apoya la existencia de una especialización hemisférica de funciones ante tareas que requieren de procesamiento verbal y espacial. Las características cualitativas de las tres tareas produjeron el efecto esperado.

La potencia de beta resultó la más reactiva a diferencias en activación hemisférica.

La hipótesis experimental acerca de la participación de ambos hemisferios en la tarea mixta se confirmó mediante los resultados en la potencia de beta.

Bajo condiciones experimentales especiales como el uso de una tarea verbal y espacial, se manifiesta la asimetría hemisférica, pero ante una tarea mixta se requiere de la participación de ambos hemisferios.

La diferencia entre tareas no fue clara en las bandas alfa y theta, quizás debido a que estas bandas reflejan en forma más inespecífica el estado de activación cerebral, tal como el procesamiento cognitivo.

Las diferencias en el desempeño 'correcto' e 'incorrecto' no se reflejaron en el electroencefalograma de un mismo sujeto.

La medida de coherencia no fue muy sensitiva a las diferencias entre tareas.

Se confirmaron los resultados de estudios anteriores en los que se observa un incremento de alfa y disminución de beta en condición de reposo así como mayor potencia de alfa con ojos cerrados en comparación con ojos abiertos.

Es necesario explorar los efectos que sobre la actividad electroencefalográfica producen las diferencias en estilo cognoscitivo o estrategias utilizadas por el sujeto ante tareas marcadamente especializadas.

La presente investigación deja abierta varias preguntas: ¿Cuál es el papel de theta durante la ejecución de tareas cognoscitivas?

¿Por qué algunos experimentos han encontrado disminución de alfa durante tareas mentales y otros un aumento?

¿Qué significa el incremento de theta en condición de reposo con ojos abiertos en relación a ojos cerrados?

APENDICE

TARLA 1. Análisis de varianza de los valores de potencia relativa de las tres bandas α y para cada hemisferio

		VERBAL		MIXTA	
		F	P	F	P
				A E	
THETA	P/F	1.27	.27	10.39	.006
	A/E	1.21	.29	.07	.79
	Interac	.15	.70	3.99	.06
ALFA	P/F	8.53	.01	2.69	.12
	A/E	.55	.47	.02	.90
	Interac	.47	.50	.76	.39
BETA	P/F	.95	.34	6.78	.02
	A/E	.64	.43	.00	.99
	Interac	.03	.85	2.31	.15

HEMISFERIO IZQUIERDO

		VERBAL		MIXTA	
		F	P	F	P
				A E	
THETA	P/F	28.62	.0001	.01	.91
	A/E	2.05	.17	.04	.83
	Interac	.46	.50	.37	.55
ALFA	P/F	11.20	.004	.03	.87
	A/E	1.57	.23	.00	.95
	Interac	1.07	.31	.00	.95
BETA	P/F	1.41	.25	.01	.92
	A/E	.18	.67	.06	.81
	Interac	.00	.98	.65	.43

HEMISFERIO DERECHO

TABLA 2. Análisis de varianza de los valores de potencia relativa de las tres bandas durante la solución de tareas para los acier-tos

		PRINCIPIO		FINAL		V E M L.B	
		F	P	F	P	I	D
		I/D	Condic.	Interac.	I/D		
THETA	I/D	.00	.94	2.08	.15		
	Condic.	1.98	.13	4.34	.008		
	Interac.	.09	.96	1.05	.37		
ALFA	I/D	.09	.76	.42	.52		
	Condic.	7.11	.0005	14.67	.0001		
	Interac.	.84	.47	.45	.71		
BETA	I/D	.06	.80	5.58	.02		
	Condic.	1.92	.13	2.94	.04		
	Interac.	.28	.83	.63	.59		

TABLA 3. Análisis de varianza de los valores de correlación cruzada de las tres bandas durante la solución de tareas

		VERBAL		MIXTA		A E	
		F	P	F	P	P	F
		P/F	A/E	Interac.	P/F		
THETA	P/F	45.06	.0001	3.16	.09		
	A/E	.30	.59	.28	.60		
	Interac.	.02	.89	.42	.52		
ALFA	P/F	.80	.38	.65	.43		
	A/E	.16	.69	1.24	.28		
	Interac.	.53	.48	.64	.37		
BETA	P/F	.16	.69	1.06	.32		
	A/E	8.33	.01	.09	.76		
	Interac.	10.08	.06	.73	.40		

CORRELACION

TABLA 4. Análisis de varianza de los valores de potencia relativa de cada banda durante reposo

		IZQUIERDO		DERECHO		L.B SV SE SM			
		F	P	F	P				
THETA	OA/OC	12.12	.001	45.38	.0001				
	Silenc.	.82	.48	.46	.71				
	Interac	.38	.76	1.10	.35				
ALFA	OA/OC	18.66	.0001	40.68	.0001				
	Silenc.	.53	.66	.28	.84				
	Interac	.55	.65	1.36	.26				
BETA	OA/OC	.85	.36	3.20	.07				
	Silenc.	.31	.81	.89	.45				
	Interac	2.80	.05	1.23	.30				

TABLA 5. Análisis de varianza de los valores de correlacion cruzada de cada banda durante reposo

		F	P	L.B SV SE SM			
THETA	OA/OC	2.72	.10				
	Silenc	2.65	.05				
	Interac	1.99	.12				
ALFA	OA/OC	14.37	.0004				
	Silenc	1.46	.23				
	Interac	2.61	.06				
BETA	OA/OC	15.30	.0003				
	Silenc	.76	.52				
	Interac	.74	.53				

CORRELACION

TABLA 6. Media y Desviación Standard (DS) de la potencia relativa de Alfa, Beta y Theta en todas las condiciones: Acierto (A), Error (E), Principio (P) y Final (F)

ALFA

		LINEA BASE				TAREA VERBAL				TAREA ESPACIAL				TAREA MIXTA			
		HI		HD		HI		HD		HI		HD		HI		HD	
		P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F
A	\bar{Y}	32	32	35	35	26	22	23	22	26	22	22	23	23	23	22	24
	DS	12	12	6.7	6.7	3.6	4.7	5.2	2.9	7.9	2.5	2.7	3.9	7.0	5.2	6.5	3.1
E	\bar{X}	32	32	35	35	27	21	25	22	--	--	--	--	23	24	24	24
	DS	12	12	6.7	6.7	8.9	4.9	7.5	3.3	--	--	--	--	7.7	4.1	2.6	4.4

BETA

		LINEA BASE				TAREA VERBAL				TAREA ESPACIAL				TAREA MIXTA			
		HI		HD		HI		HD		HI		HD		HI		HD	
		P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F
A	\bar{X}	26	26	23	23	28	31	28	26	29	31	31	30	26	29	27	26
	DS	13	13	4.4	4.4	4.4	5.6	5.6	6.4	8.3	5.1	8.1	6.4	7.8	7.0	4.9	4.4
E	\bar{X}	26	26	23	23	28	31	27	25	--	--	--	--	26	33	27	26
	DS	13	13	4.4	4.4	2.0	9.7	8.9	7.3	--	--	--	--	7.1	10	7.6	6.5

THETA

		LINEA BASE				TAREA VERBAL				TAREA ESPACIAL				TAREA MIXTA			
		HI		HD		HI		HD		HI		HD		HI		HD	
		P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F
A	\bar{X}	42	42	41	41	45	46	48	53	48	46	47	47	50	47	51	50
	DS	17	17	5.7	5.7	6.6	6.1	4.3	7.7	8.0	3.2	6.9	5.4	12	10	8.2	5.6
E	\bar{X}	42	42	41	41	44	48	47	53	--	--	--	--	51	42	48	48
	DS	17	17	5.7	5.7	9.8	9.4	11	6.6	--	--	--	--	12	6.9	7.9	5.5

TABLA 7. Media y Desviación Standard (DS) de la potencia relativa de Alfa, Beta y Theta durante reposo para cada hemisferio y con ojos abiertos (OA) y ojos cerrados (OC)

ALFA

	LINEA BASE				SILENCIO VERBAL				SILENCIO ESPACIAL				SILENCIO MIXTO			
	HI		HD		HI		HD		HI		HD		HI		HD	
	OA	OC	OA	OC	OA	OC	OA	OC	OA	OC	OA	OC	OA	OC	OA	OC
\bar{X}	32	46	35	53	35	47	35	52	30	47	35	53	39	46	43	49
DS	12	20	6.7	14	9.0	22	9.0	19	11	22	4.6	18	20	18	19	14

BETA

	LINEA BASE				SILENCIO VERBAL				SILENCIO ESPACIAL				SILENCIO MIXTO			
	HI		HD		HI		HD		HI		HD		HI		HD	
	OA	OC	OA	OC	OA	OC	OA	OC	OA	OC	OA	OC	OA	OC	OA	OC
\bar{X}	26	17	23	19	25	23	25	24	24	21	26	18	19	26	21	22
DS	13	5.2	4.4	7.5	4.4	12	6.8	16	4.7	7.7	8.9	9.4	5.9	12	8.3	10

THETA

	LINEA BASE				SILENCIO VERBAL				SILENCIO ESPACIAL				SILENCIO MIXTO			
	HI		HD		HI		HD		HI		HD		HI		HD	
	OA	OC	OA	OC	OA	OC	OA	OC	OA	OC	OA	OC	OA	OC	OA	OC
\bar{X}	42	36	41	27	39	29	39	24	45	31	38	27	40	27	35	28
DS	17	18	5.7	9.5	5.6	20	7.5	8.4	11	16	8.0	11	15	6.6	13	9.0

TARLA 9. Media y Desviación Standard (DS) de la correlación inter-hemisférica de las bandas Alfa, Beta y Theta en todas las condiciones: Acierto (A), Error (E), Primerio (P) y Final (F)

ALFA

		LINEA BASE		TAREA VERBAL		TAREA ESPACIAL		TAREA MIXTA	
		P	F	P	F	P	F	P	F
A	\bar{X}	.367	.367	.316	.316	.315	.384	.329	.331
	DS	.300	.300	.143	.166	.173	.176	.174	.188
E	\bar{X}	.367	.367	.390	.379	--	--	.411	.486
	DS	.300	.300	.232	.197	--	--	.243	.230

BETA

		LINEA BASE		TAREA VERBAL		TAREA ESPACIAL		TAREA MIXTA	
		P	F	P	F	P	F	P	F
A	\bar{X}	.231	.231	.190	.223	.242	.255	.205	.232
	DS	.170	.170	.124	.124	.164	.154	.178	.106
E	\bar{X}	.231	.231	.231	.207	--	--	.253	.281
	DS	.170	.170	.137	.145	--	--	.210	.134

THETA

		LINEA BASE		TAREA VERBAL		TAREA ESPACIAL		TAREA MIXTA	
		P	F	P	F	P	F	P	F
A	\bar{X}	.292	.292	.405	.518	.499	.568	.538	.491
	DS	.405	.405	.097	.217	.235	.139	.162	.162
E	\bar{X}	.292	.292	.469	.676	--	--	.638	.542
	DS	.405	.405	.119	.112	--	--	.208	.249

TABLA 9. Media y Desviación Standard (DS) de la correlación inter-hemisférica de Alfa, Beta y Theta en condición de reposo, con ojos abiertos (OA) y ojos cerrados (OC)

ALFA

	LINEA BASE		SILENCIO VERBAL		SILENCIO ESPACIAL		SILENCIO MIXTO	
	OA	OC	OA	OC	OA	OC	OA	OC
\bar{X}	.367	.640	.462	.564	.444	.480	.519	.595
DS	.30	.21	.29	.24	.22	.32	.27	.19

BETA

	LINEA BASE		SILENCIO VERBAL		SILENCIO ESPACIAL		SILENCIO MIXTO	
	OA	OC	OA	OC	OA	OC	OA	OC
\bar{X}	.231	.304	.206	.303	.279	.310	.226	.335
DS	.17	.21	.19	.17	.20	.19	.19	.17

THETA

	LINEA BASE		SILENCIO VERBAL		SILENCIO ESPACIAL		SILENCIO MIXTO	
	OA	OC	OA	OC	OA	OC	OA	OC
\bar{X}	.292	.527	.520	.552	.518	.483	.543	.584
DS	.40	.17	.29	.19	.26	.21	.17	.11

- BIBLIOGRAFIA -

- Adrian E.D., Yamasawa, K. (1935), 'The origin of the Berger rhythm', *Brain*, 58:323-351
- Aird R.B., Garoutte B. (1958), 'Studies on the cerebral face-meter', *Neurologia*, 3: 581-589
- Arnold N. (1947), 'The binomial distribution of right, mixed and left handedness', *Quarterly J. of Exp. Psychol.*, 19: 327-333
- Arnold N. (1979), 'A classification of hand preference by association analysis', *Phil. J. Psychol.*, 51: 303-321
- Turner (1974), 'Laterality and the growth of intellectual abilities', *Brit. J. Educ. Psychol.*, 44: 37-43
- Ardila A. y Benvides A. (1976), 'Detección de información por los hemisferios cerebrales', *Memorias. Congreso Interamericano de Psicología*, Miami
- Ardila A., *Psicofisiología de los Procesos Complejos*, Ed. Trillas, México, 1979
- Brannan J. G. (1974), 'Handedness and hemisphere function', En: *Handedness: Function and the Human Brain*, Eds. S. J. Diamond y J. G. Brannan, Londres, 1974
- Brannan J. G., Diamond S. (1975), 'Interhemispheric transfer of visual information in right and non right-handed subjects', *Acta Psychologica*, 39: 97-104
- Brown A.P., Ross H.D. (1978), 'Asymmetry in eeg alpha coherence and power: effects of tasks and sex', *Eeg and Clin. Neurophysiol.*, 45: 395-401
- Benton A.L., Hovers R., Foulder G. (1962), 'Some aspects of hand defects', *Psychiatry and Neurology*, 111: 321-337
- Bruder H.H.P., Clarke J.W. (1952), 'Crosscorrelation and autocorrelation studies of electroencephalographic potentials: EEG and Clin. Neurophysiol., 1: 201-211
- Bruyer F., Stouffl N. (1957), 'N. Recherche d'une participation du corps callosal au mécanisme de la synchris bioélectrique des hémisphères cérébraux', *J. Physiol (France)*, 49: 66-67
- Broca P. (1861), 'Remarques sur la siège de la faculté du langage articulé suivies d'une observation d'aphémie', *Bulletin of Social Anatomy*, Paris, 6: 330-357

- Brown R. (1971). 'Awareness of eeg subjective activity relationships detected within a closed feedback system'. *Psychophysiol.*, 7: 451
- Busk J., Galbraith G.C. (1975). 'Eeg correlates of visual motor practice in man'. *EEO and Clin. Neurophysiol.*, 38: 415-422
- Butler S.R., Glass A. (1974). 'Asymmetries in the eeg associated with cerebral dominance. *EEO and Clin. Neurophysiol.*, 36: 481-491
- Carmon A., Nachson I. (1973). 'Ear asymmetry in perception of emotional non-verbal stimuli'. *Acta Psychologica*, 37: 351-357
- Cohen G. (1972). 'Hemispheric differences in a letter classification task'. *Perception and Psychophysics*, 11: 137-142
- Cohn R. (1971). 'Differential cerebral processing of noise and verbal stimuli'. *Science*, 172: 599-601
- Coller N., Shaw J. C. (1982). 'EEO coherence analysis and field dependence' *Biological Psychology*, 15:215-228
- Creutzfeldt O., Grunewald G., Simonova O., Schmitz H. (1969). 'Changes of the basic rhythms of the eeg during the performance of mental and visomotor tasks. *Ear Attenuation in neurophysiology*, C.R.Evans & T.R. Nulholland eds., N.Y., 1969
- Davis A.E., Wada J.A. (1977). 'Lateralization of speech dominance by spectral analysis of evoked potentials'. *J. of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 40: 1-4
-(1978) 'Speech dominance and handedness in the normal human'. *Brain and language*, 8: 42-55
- Dillbeck M.C., Bronson E.C. (1981). 'Short term longitudinal effects of the Transcendental Meditation Technique on eeg power and coherence. *Int. J. Neuroscience*, 14: 147-151
- Diamond S., Resumont G. (1971). 'Use of two cerebral hemispheres to increase Brain Capacity'. *Nature* 232, July: 270-271
- Doyle J.C., Ornstein R., Galin D. (1974). 'Lateral specialization of cognitive mode II: eeg frequency analysis. *Psychophysiol.*, 11: 567-578
- Dumas R., Marsan A. (1975). 'Eeg asymmetry as a function of occupation: task and task difficulty'. *Neuropsychologia*, 13: 219-228
- Durnford M. (1971). 'Right hemisphere specialization for depth perception reflected in visual field differences'. *Nature*, 231: 394-395

Ehrlichman H., Wiener M.S. (1979). 'Consistency of task-related oed asymmetries Psychophysiology, 14:3: 247-252

Ellis, H.D., Shepherd J.W. (1975). 'Recognition of upright and inverted faces presented in the left and right visual fields'. Cortex, 11:1: 3-7

Foulkes D., Vogel G. (1945). 'Mental activity at sleep onset'. J. Abnormal Psychol., 70:231-243

Friedman D., Simson R., Ritter W., Rasin, I. (1975). 'Cortical Evoked Potentials elicited by real speech words and human sounds' EEG and Clin. Neurophysiology, 38: 13-19

Galin K., Johnstone J., Herron J. (1978). 'Effects of task difficulty on eeg measures of cerebral engagement'. Neuropsychologia, 16: 461-472

Gastaut H. (1952). 'Etude electrocorticographique de la reactivite des rythmes rolandiques'. Rev. Neurol., 87:176-182

Gazzenisa M. S., Hillyard S.A. (1973). 'Attention mechanism following brain bisection'. In: Attention and Performance IV. Academic Press, 1973

Gevins A.S., Zeitlin G.M., Yinsling C.D., Doyle J.C., Dedon H. F., Schaffer R.E. (1979). 'Eeg patterns during cognitive tasks I methodology and analysis of complex behaviors'. EEG and Clin. Neurophysiol., 47: 693-703

-----, Doyle J.C., Schaffer R.E., Callaway E. (1979) 'Eeg patterns during cognitive tasks II. analysis of controlled tasks'. EEG and Clin. Neurophysiol., 47: 704-710

-----, Yinsling C.D., Schaffer R.E., Callaway E., Yeager C.L. (1979). 'Electroencephalogram correlates of higher cortical functions'. Science, 203: 665-668

Grabow J.D., Aronson A.F., Greene K.L., Offord D.P. (1979). 'A comparison of eeg activity in the left and right cerebral hemisphere by power spectrum analysis during language and non-language tasks'. EEG and Clin. Neurophysiol., 47:460-472

Green E., Green A. (1977). 'Toward a psychophysiology of waking fantasy: eeg studies'. Percept and Motor Skills, 55:891-902

Grindel O.M. (1982). 'Optimal level of eeg coherence and its role in evaluation of the state of human brain functions'.

- Gur R.C., Gur R.E. (1978). 'Individual differences in hemispheric activation: implications for cognitive style, personality and psychopathology'. *En: The Sinistral Mind* de H. Whitaker, Academic Press, N.Y., 1978
- Gur R.C., Reivich M. (1980). 'Cognitive tasks effects on hemispheres blood flow in humans: evidence for individual differences in hemisphere activation'. *Brain and Language*, 9: 78-92
- Gustafson L., Hosberg B., Invar D. (1978). 'Speech disturbances in presenile dementia related to local cerebral blood flow along malities in the Dominant Hemisphere'. *Brain and Language*, 5: 103-119
- Hardeck C. (1977). 'Laterality and intellectual ability: a just not noticeable difference?' *Br. J. Educ. Psychol.*, 47:305-311
- Hardeck C., Tans O.J., Ward W. (1978). 'Cerebral lateralization of function and bilingual decision process: is thinking lateralized?' *Brain and Language*, 5: 56-71
- Hatta T. (1978). 'Visual field differences in a mental transformation task'. *Neuropsychologia*, 16: 637-641
- Hauri P. (1977). *Current Concepts*. The Univ. Co. Kalamazoo, Mich.
- Haynes W.D., Moore W.H. (1981). 'Recognition and recall: an electroencephalographic investigation of hemispheric alpha asymmetries for males and females on perceptual and retrieval tasks'. *Perceptual and Motor Skills*, 53: 203-290
- Hecaen H., Penfield W., Bertrand C., Malmo R. (1956). 'The syndrome of apraxia due to lesions of the minor cerebral hemisphere'. *Arch. Neurol. Psychiatry*, 75: 400-443
- Hoover Z.B., Heinemann V., Creutzfeldt O.D. (1972). 'Interhemispheric synchrony of alpha waves'. *EEG and Clin. Neurophysiol.*, 32: 337-347
- Humphrey M.E. (1951). 'Consistency of hand usage: a preliminary enquiry' *Br. J. of Educational Psychology*, 21: 214-224
- Inoue T., Yasukki A., Takahashi H., Shinoseki K. (1981). 'The dominant direction of interhemispheric eeg changes in the linguistic process'. *EEG and Clin. Neurophysiol.*, 51: 265-275
- James J., Corbu H.D., Walton T., Roth M.D., Vincent P., Zaccaro M.D., Bert S., Kappel M. D. (1978). 'Psychophysiology correlates of the practice of Tantric Yoga Meditation'. *Arch Gen. Psychiatr.*, vol. 35: 571-577

Jasper H.H. (1958). 'The ten-twenty electrode system of the International Federation', *Electroenceph. and Clin. Neurophysiol.*, 10: 371-375

Kawata (1976). 'Operant control of the EEG alpha rhythm and some of its reported effects of consciousness', *En: Altered States of Consciousness*, C. T. Tart, ed., Wiley, N.Y.

Kozanetsu A., Kirai T. (1957). 'An EEG study on the zen meditation (Zazen)', *En: Altered States of Consciousness*, C.T. Tart ed., Wiley N.Y.

Kinura D. (1955). 'Dual functional asymmetry of the brain in visual perception' *Neuropsychologia*, 4: 275-285

Kinura D. (1967). 'Functional asymmetry of the brain in dichotic listening', *Cortex*, 3: 163-178

Kinura D. (1973). 'Manual activities during speaking', *Neuropsychologia*, 2: 45-55

Kirshourne M., Cook J. (1971). 'Generalized and lateralized effects of concurrent verbalization on a unusual skill' *Quarterly J. of Exp. Psych.*, 23:341-345

Kirk R.E. (1968). *Experimental design: procedures for the behavioral sciences*. Brooks/Cole Publishing Co., Belmont, Cal., 1968

Lowen M.A., Inver B.H., Skindes E. (1979). 'Función cerebral y flujo de conciencia'. *Scientific American*

Levi J. (1985). 'Right Brain, Left Brain: fact or fiction', *Psychology Today*

Levi J. (1959). 'Possible basis for the evolution of lateral specialization of the human brain' *Nature*, 224: 614-615

Lev R.G., Brydon H.P. (1979). 'Hemispheric differences in processing emotion and faces', *Brain and Language*, 7: 127-138

Maulsby R.L. (1971). 'An illustration of emotionally evoked theta rhythm in infancy: hedonic hypersynchronous', *EEG and Clin. Neurophysiol.*, 31: 157-165

Matsumoto Y., Taslienko V., Lombroso C.T., Goodglass H. (1972). 'Auditory evoked response meaningfulness of stimuli and interhemispheric asymmetry', *Science*, 175:790-792

McFarland K., Ashton R. (1975). 'A developmental study of the influence of cognitive activity on an ongoing manual task', *Acta Psychologica*, 39:447-457

- McKee, Humphrey, Mc Adam (1973). 'Scaled lateralization of alpha activity during linguistic and musical tasks'. *Psychophysiology*, 10: 411-443
- Misaki Y., Tanaka M., Iizaki H., Nishiyama H., Inanaga K. (1980). 'Periodic appearance of theta rhythm in the frontal midline area during performance of a mental tasks'. *EEG and Clin. Neurophysiol.*, 49: 345-351
- Moscovitch M. (1974) 'On the representation of language in the right hemisphere of right handed people'. *Brain and Language*, 3: 47-71
- Murdley, Castle A.C. (1951). 'Theta rhythm in the electroencephalogram of normal adults'. *EEG and Clin Neurophysiol.*, 3: 477-486
- (1957). 'The electroencephalogram and mental activity'. *EEG and Clin Neurophysiol.*, 7: 643-655
- Prinz I.R. (1981) 'The effects of stimulus size and exposure duration on visual field asymmetries'. *Cortex*, 17: 237-240
- Ramos J., Corsi H. (1985). 'Correlatos electroencefalograficos de la audición de la musica clásica'. Tesis de Licenciatura, no publicada
- Ratcliff G. (1979). 'Spatial thought, mental rotation and the right cerebral hemisphere'. *Neuropsychologia*, 17: 49-54
- Ray W.J., Newcombe N., Semon J., Cole F. M. (1981). 'Spatial abilities, sex differences and eeg functioning'. *Neuropsychologia*, 19: 719-722
- Ruslova M.N. (1979). 'Experimental study of emotional reactions in men'. Moscow (Russia) Ed: Walter W.B., The living brain, N.Y.
- Schwartz G.E., Davidson R.J., Maer F. (1975). *Science* 190: 286-298
- Shaw J.C., Ongley C. (1972). 'The measurement of synchronization'. En: H. Petsche & M.A.B. Brazier (eds), *Synchronization of eeg activity in epilepsy*. Springer, N.Y.
- Shaw J.C., O'Connor K.P., Ongley C. (1977). 'The eeg as a measure of cerebral functional organization'. *Brit J. Psychiatr.*, 130: 250-264
- Shepherd R., Gals A. (1982). 'Eeg correlates of hemisphere differences during a rapid calculation task'. *British J. of Psychology*, 73: 73-84

Sidtis J.J., Bryden M.P. (1978). 'Asymmetrical perception of language and music: evidence for independent processing strategies'. *Neuropsychologia*, 16: 627-632

Smulken R. What is the name of this book?. Prentice Hall Inc. New York, 1978

Sperry R. W. (1961). 'Cerebral organization and behaviour'. *Science*, 133 no. 3466: 1749-1752, Jan.

.....(1964). 'The great cerebral commissure'. *Scientific American*, Jan., 1964

.....(1977). 'Lateral specialization of cerebral functions' Ed: The psychoneurology of thinking. Ed. Guisano, R.A., Schoonover (Eds), Academic Press

Thomson (1973). *Fundamentos en Psicología fisiológica*. Ed. Trillas México

Tomlinson C., Kelly R. (1979). 'A task analysis of hemispheric functions'. *Neuropsychologia*, 17: 345-351

Vogel W., Broverman D., Klaiber E.C. (1968). 'Eeg and mental abilities'. *Eeg and Clin Neurophysiol*, 24: 166-175

Wolaska J., Matousek M., Roubicek J. (1967). 'Mental arithmetic and eye opening: an eeg frequency analysis and GSR study'. *Eeg and Clin Neurophysiol*, 22: 174-176

Woods J. (1949) 'A new method for the determination of the side of the cerebral speech'. A preliminary report on intracarotid injection of sodium amtal

Warron L.R., Foltz L., Haster E. S. (1976). 'Patterns of eeg alpha during word processing and relations to recall'. *Brain and Language* 3: 283-291