

21/ 93



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE PSICOLOGIA

RITMOS ULTRADIANOS EN LA ACTIVIDAD ELECTRICA
CEREBRAL Y SU RELACION CON LA EJECUCION
DE DOS PRUEBAS CONDUCTUALES

TESIS

que para obtener el titulo de
LICENCIADO EN PSICOLOGIA
P R E S E N T A
SERGIO MENESES ORTEGA

DIRECTOR DE TESIS: MTRA. MARIA CORSI CABRERA

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.

INDICE

RESUMEN	1
I. INTRODUCCION	3
II. LOS RITMOS BIOLOGICOS	
1. Características de los Procesos Cíclicos	7
2. Tipos de Ritmos Biológicos	8
3. Propiedades de los Ritmos Biológicos	10
4. Mecanismos Generadores	14
5. Funciones Biológicas Rítmicas	18
III. ESPECIALIZACION HEMISFERICA	
1. Introducción	26
2. Asimetrías Anatómicas	28
3. Estudios Clínicos	30
a) Diagnóstico Neuropsicológico	30
b) Estimulación Eléctrica Cerebral	31
c) Técnica de Wada	32
d) Cerebro Dividido	33
4. Estudios Experimentales	37
a) Presentación Dicótica	38
b) Presentación Taquistoscópica	40
c) Presentación Dicáptica	41

5.	Valoración Fisiológica de las Asimetrías	43
	a) Flujo Sanguíneo Cerebral	43
	b) Actividad Eléctrica Cerebral	44
	- Actividad Eléctrica Espontánea	46
	- Potenciales Relacionados a Eventos	51
IV.	TRABAJO EXPERIMENTAL	
1.	Planteamiento del Problema	54
2.	Hipótesis	56
3.	Sujetos	56
4.	Material y Método	57
5.	Obtención de Datos	59
6.	Análisis Estadístico	62
7.	Resultados	66
	A) Análisis de la Ritmicidad	66
	- Variaciones en los Niveles de Activación Cortical	66
	- Variaciones en las Relaciones Interhemisféricas (Acoplamiento Temporal)	70
	- Variaciones en las Relaciones Interhemisféricas (Análisis de Correlación por Bandas)	72
	- Variaciones en la Ejecución de Tareas	75
	- Variaciones en la Temperatura	76
	B) Análisis de la Relación entre Variables	80
	- Relación entre la Actividad Eléctrica Cerebral y la Ejecución en las Tareas	80
	- Relación entre la Actividad Eléctrica Cerebral y la Temperatura	81

- Relación entre la Ejecución en las Tareas y la Temperatura	81
B. Discusión	83
I. Análisis de la Ritmicidad	83
a) Actividad Eléctrica Cerebral	83
b) Ejecución de las Tareas	86
c) Temperatura Corporal	88
II. Relaciones Temporales entre las Variables	91
a) Relación entre la Actividad Eléctrica Cerebral y los Niveles de Ejecución - en las Tareas	91
b) Relación entre la Temperatura Corporal y la Ejecución de las Tareas	93
BIBLIOGRAFIA	96

RESUMEN

Son muchas las funciones biológicas que presentan oscilaciones rítmicas ultradianas; estas pueden observarse desde el nivel celular, como pueden ser la disponibilidad de receptores de neurotransmisores, hasta aspectos complejos de la conducta, como pueden ser: la atención, la memoria o la actividad motora, sin embargo, poco interés se ha puesto en investigar la presencia de variaciones ultradianas en la actividad eléctrica cerebral que pudieran estar ocurriendo durante la vigilia.

Los objetivos de este trabajo fueron, investigar la presencia de ritmos ultradianos en: (1) los niveles de activación cortical, medidos a través del registro electroencefalográfico; (2) en las relaciones funcionales interhemisféricas; y (3) en la ejecución de dos tareas cognoscitivas; así como también observar las relaciones que existen entre las variaciones diurnas que pudieran ocurrir en la actividad eléctrica cerebral y los niveles de ejecución de las tareas.

En el experimento participaron 8 voluntarias, con edades entre 20 y 30 años. Se realizaron dos sesiones: la primera transcurrió de las 8 a las 14 hrs., y la segunda se llevó a cabo en otro día, de las 14 a las 20 hrs. Durante las sesiones se tomaron muestras cada 15 minutos de las siguientes variables: primero, se registró un minuto de actividad cerebral, en reposo con ojos abiertos, en áreas temporales, centrales, parietales y occipitales de ambos hemisferios cerebrales, referidas a la oreja ipsilateral; posteriormente, se evaluó el nivel de ejecución en dos tareas, aplicando una prueba lógico-analítica, para evaluar funciones atribuidas al hemisferio izquierdo, y una prueba espacial, para evaluar la función del hemisferio derecho; por último, como control, se registró la temperatura corporal y la temperatura ambiental.

Para probar la presencia de algún ritmo ultradiano, comprendido dentro del rango de 30 minutos a 6 horas, se sometieron los datos de las sesiones a un análisis de Fourier, y las relaciones temporales entre las variables se evaluaron mediante la técnica de correlación lineal de Pearson.

Diversas variables electroencefalográficas mostraron ritmicidad a lo largo de las sesiones, agrupándose principalmente en las frecuencias que tienen periodos de oscilación -

lenta (3 y 6 horas); también se encontraron ritmos ultradianos en la temperatura corporal, con periodo de 3 horas, mientras que la ejecución de las tareas no mostraron patrones rítmicos significativos durante las sesiones. Por último, no se encontraron relaciones significativas entre las variables fisiológicas evaluadas (actividad eléctrica cerebral y temperatura) y los niveles de ejecución en las tareas.

CAPITULO I

INTRODUCCION

El hecho de que diversas funciones biológicas presentan fluctuaciones a lo largo del tiempo, se conoce desde hace muchos años, sin embargo, es hasta la década de los 30's. cuando la investigación de estos temas cobra una gran importancia en la ciencia (Pauly, J., 1974). Se reconoce que las distintas funciones biológicas presentan máximos y mínimos -- que no se distribuyen en el tiempo al azar, sino que guardan una relación temporal específica (Reinberg, A., 1982).

A partir de entonces comienzan a caracterizarse cuales son las funciones que presentan ritmicidad, en que especies se presenta esta, cuales son las propiedades de los distintos tipos de ritmos biológicos, y cuales podrían ser sus posibles sustratos fisiológicos; este hecho contribuyó grandemente a demostrar que la bioperiodicidad es una propiedad -- fundamental de los sistemas vivos, que se presenta desde los organismos unicelulares hasta los organismos más complejos, afectando prácticamente a todas las funciones fisiológicas, es por esto, que se supone que esta propiedad se adquirió en épocas muy tempranas de la evolución y se ha mantenido a lo largo de la misma (Aréchiga, H., 1980).

El gran cúmulo de hechos que han podido observarse en -- cuanto a las funciones biológicas, ha hecho surgir una nueva rama de la ciencia conocida como Cronobiología, que nos ha -- ayudado a comprender que los procesos biológicos consisten -- de secuencias de eventos que se repiten a intervalos regulares, y que nos ha permitido conocer las principales características de los distintos sistemas de biocronometría e intentar describir los mecanismos fisiológicos subyacentes a -- la ritmicidad.

Una explicación alternativa, que se ha desarrollado -- apenas desde mediados de este siglo, ha sido reconocer la -- existencia de relojes biológicos dentro del organismo como -- los determinantes de los ritmos fisiológicos y conductuales (Rusak, B., y Zucker, I., 1975). El desarrollo evolutivo de estos relojes se debe a que el planeta que habitamos presenta variaciones en las condiciones físicas a lo largo del --- tiempo, debidas principalmente a la rotación de la Tierra so

bre su eje y a la rotación de la Tierra alrededor del Sol; -- de modo que los seres vivos se han tenido que adaptar a tales variaciones, desarrollando dispositivos o estructuras -- que oscilan en fase con las variaciones ambientales, permitiéndonos seguir, o aun anticipar, los cambios físicos externos; a estas estructuras actualmente se les conoce como marcapasos y su naturaleza endógena empezó a ser dilucidada con los experimentos de aislamiento. El primero de ellos fue reportado por el astrónomo francés J. de Mairan, en 1729, señalando que el movimiento cíclico de las hojas del heliotropo persistían aún en organismos mantenidos en condiciones ambientales constantes; la persistencia de los ritmos biológicos en organismos mantenidos en estas condiciones, ha sido -- ampliamente confirmada para muchas especies (Reinberg, A., y Smolensky, M., 1983; Aschoff, J., 1965, 1981a; Palmer, J., -- 1976; Bunning, E., 1973).

Un impulso importante a la Cronobiología lo dió E. Bunning, en 1935, al demostrar el origen genético de la periodicidad biológica. Demostró un ritmo cercano a las 24 horas -- (circadiano) en el movimiento del tallo y las hojas de la -- planta del frijol; este movimiento variaba en su ciclicidad para dos distintos grupos genéticos de la planta, presentando periodicidades de 23 y 27 horas, respectivamente; mediante experimentos de hibridación produjo plantas que presentaban ritmos de 25 horas. Otros trabajos, con la mosca de la fruta (*Drosophila*), han confirmado la hipótesis de que los -- elementos que controlan la ritmicidad residen en el material genético nuclear.

Con base en los datos anteriores se han hecho muchos esfuerzos por localizar, primeramente, un reloj maestro dentro del organismo, proponiéndose así diversas estructuras, como por ejemplo, la glándula pineal y el núcleo supraquiasmático para el caso de la regulación de los ritmos biológicos en -- los mamíferos, sin embargo, muchas funciones cíclicas no parecen depender de estas estructuras, lo que ha hecho proponer la existencia de múltiples osciladores dentro del organismo con diversas vías de acoplamiento (Edmonds, S., y -- Adler, N., 1977a; Rosenwasser, A., y Adler, N., en prensa). Esta última proposición aporta problemas nuevos pues, así como en el campo de la morfogénesis el problema científico --- principal trata sobre la unificación de un gran número de células individuales dentro de un todo funcional, similarmente, en el estudio de los ritmos biológicos, con múltiples osciladores, algunos de los problemas fundamentales recaen en la forma de coordinación de innumerables ciclos fisiológicos rítmicos dentro del organismo (Cloudsley, J., 1961).

Por otra parte, aunque se ha demostrado que las distintas funciones biológicas presentan variaciones cíclicas, la mayoría de los investigadores tratan a estos procesos como -- sistemas estacionarios, considerando que el estado del orga-

nismo es el mismo de la mañana a la noche, o de un día al siguiente, sobregeneralizando el concepto de Homeostasia, suponiendo que un cambio en una función cualquiera es inmediatamente contrabalanceado mediante un proceso de retroalimentación negativa que hace mantener el nivel constante.

Esta misma situación tiende a existir en Psicología; -- aunque la ritmicidad conductual resulta obvia, esta no ha -- atraído mucha atención. Se ha estudiado la conducta suponiendo que esta no presenta variaciones rítmicas, sin embargo, en el caso de que estas existan, un estímulo o una tarea en un momento determinado, no tendría el mismo efecto en -- otro tiempo. Actualmente, estas variaciones son tratadas estadísticamente como ruido o errores debidos al muestreo, en lugar de asignarle mayor importancia y establecer como objeto de estudio a la variabilidad previsible relacionada con -- los ritmos biológicos (Datley, K., y Goodwin, G., 1971).

Dentro de los ritmos biológicos más interesantes, están aquellos en los que intervienen aspectos globales de la conducta, por ejemplo, ritmos en los procesos cognoscitivos que involucran funciones que han sido tradicionalmente atribuidas a uno o a otro de los hemisferios cerebrales; esta idea fue señalada por R. Broughton (1975), y ha sido apoyada por el trabajo de R. Klein y R. Armitage (1979).

Una gran cantidad de estudios clínicos y experimentales confirman la idea de que, en el hombre, los hemisferios cerebrales se encuentran especializados en diferentes funciones. Así, se afirma que el hemisferio cerebral izquierdo está especializado en funciones lógicas, secuenciales y verbales, -- mientras que el hemisferio derecho lo está en funciones no -- lógicas, globales y espaciales (Luria, A., 1970, 1977; Kimura, D., 1973; Gazzaniga, M., 1967; Lassen, N., y col., 1981; Geschwind, N., 1981; Ardila, A., 1982, 1983).

En 1979, R. Klein y R. Armitage, aplicando dos pruebas de pareamiento, una verbal y otra espacial, encontraron que la ejecución de estas pruebas presentaba fluctuaciones cíclicas a lo largo del día con diversas periodicidades (4 hrs., 96 min. y 37 min.), y que entre ellas existía un desfaseamiento de 180 grados, apoyando la idea de que durante el día hay una alternancia en la activación de los hemisferios cerebrales.

Por otra parte, una serie de trabajos han tratado de relacionar la actividad eléctrica cerebral a este tipo de pruebas, encontrando que, al ejecutar pruebas verbales (lectura, escritura, etc.), los sujetos humanos presentan mayor activación del hemisferio izquierdo, mientras que con la ejecución de pruebas espaciales (diseño con bloques, laberintos, etc.) hay mayor activación del hemisferio derecho (Butler, S., y Glass, A., 1974; Rebert, Ch., y Mahoney, R., 1978; Doyle, -- J., y col., 1974; Dumas, R., y Morgan, A., 1975; Ehrlichman, H., y Wiener, M., 1979; Galin, D., y Ornstein, R., 1972; Mc-

Leod, S., y Peacock, L., 1977).

Los objetivos principales de este trabajo fueron: investigar los cambios que pudiesen existir en la actividad eléctrica cerebral de diversas áreas corticales, así como también analizar la ritmicidad en la ejecución de dos tareas -- (una prueba verbal y una prueba espacial), las cuales parecen implicar de manera distinta las funciones atribuidas a cada uno de los hemisferios cerebrales y, por último, observar las relaciones que pudiesen existir entre las fluctuaciones en la actividad cerebral y los niveles de ejecución.

Es muy importante el estudio de los ritmos biológicos -- ya que ello nos permitirá interpretar y comprender con mayor precisión muchos hechos que ahora resultan incomprensibles, por ejemplo: (por qué las distintas funciones biológicas varían a lo largo del día y qué implicaciones tiene este hecho sobre la conducta global? Existe ya mucha información acerca de la importancia terapéutica que tiene el hecho de conocer que el efecto de los medicamentos, y aún de los alimentos, depende de la hora en la cual estos se administren, ya que los órganos corporales a los cuales estos van dirigidos varían su función de acuerdo a la hora del día.

En aspectos de conducta la importancia se vuelve mayúscula: (qué impacto se tendría al comprobar que la ejecución de muchas funciones, incluyendo aquellas que normalmente son medidas en las pruebas psicológicas, varían de acuerdo con la hora de la evaluación?

Ya se ha reconocido la importancia del reloj interno ante los disturbios fisiológicos manifestados después de transiciones rápidas hacia un ambiente en el cual las fases del ciclo están cambiadas, por ejemplo, en los viajes transmeridionales o en los cambios en los horarios de trabajo, y las repercusiones de esto en el rendimiento general resultan notorias.

Muchos aspectos más deberían ser analizados incorporando a las situaciones experimentales la variable temporal, de ahí que uno de los objetivos principales de este trabajo sea el señalar la importancia del estudio de los ritmos biológicos para entender mejor las funciones del organismo.

CAPITULO II

LOS RITMOS BIOLOGICOS

1. Características de los Procesos Cíclicos

Puesto que en los siguientes capítulos hablaremos de -- procesos cíclicos, es importante definir algunos términos, -- así como describir algunas características que nos permitirán analizarlos.

Los términos ritmo, ciclo, periodicidad y oscilación, -- han sido utilizados para referirse a fenómenos o eventos que se repiten a través del tiempo con intervalos regulares.

N. Kleitman (1963), intentó hacer una descripción más -- precisa de estos términos, llamando ciclos a las fluctuaciones debidas a factores endógenos que se manifiestan independientemente de las variaciones ambientales, y ritmos a las -- que tienen un origen exógeno por ser aprendidos o depender -- de cambios regulares en el ambiente, sin embargo, como los -- conceptos de ritmo endógeno y exógeno son aún objeto de discusión debido a la carencia de definiciones específicas, la sugerencia de Kleitman no ha sido adoptada (Cloudsley, J., -- 1961). En este trabajo los términos serán utilizados como -- sinónimos, aclarando para cada caso su origen, si es que este se conoce.

Aunque se considera que los ritmos 'endógenos' generan sus propias señales de tiempo, frecuentemente se correlacionan con cambios ambientales. En 1954, F. Halberg y J. Aschoff, desarrollaron la idea de que las variaciones cíclicas de distintos factores ambientales son capaces de sincronizar los ritmos (Reinberg, A., y Smolensky, M., 1983).

Diferentes factores ambientales pueden actuar como sincronizadores, siendo los cambios de iluminación y de temperatura los que influyen en mayor medida sobre los ritmos biológicos (Aschoff, J., 1965). Entre los factores que pueden actuar como sincronizadores tenemos: los rayos cósmicos, la -- presión barométrica, cambios en el campo magnético de la tierra, la alternancia del día y de la noche, el ruido, la alimentación, los contactos sociales, etc., (Brown, F., 1975; -- Edmonds, S., y Adler, N., 1977b; Sulzman, F., y col., 1977).

Se considera que mientras más evolucionado sea un organismo, poseerá una mayor riqueza en sus capacidades sensoriales y, por lo tanto, será más susceptible a diferentes tipos de sincronizadores externos; así tenemos, que si bien un sonido difícilmente sincronizaría a un celenterado (como la medusa), sí lo hace, y muy poderosamente, con un mamífero (Aréchiga, H., 1984).

Los estímulos sociales pueden ser un sincronizador más potente que los ciclos de iluminación en aquellas especies - que habitan en grupo.

Mediante los experimentos de aislamiento ha quedado claro que un sincronizador no crea el ritmo, sino que sólo es capaz de influenciar su expresión de acuerdo a una variación externa. Durante el periodo de aislamiento los ritmos oscilan libremente, exhibiendo su periodicidad espontánea.

Las características principales de los procesos cíclicos se pueden describir con base en tres parámetros que son: frecuencia, amplitud y fase (Halberg, F., y Lee, J., 1974).

La frecuencia (F) se refiere al número de veces que ocurre un ciclo o un evento por unidad de tiempo; a partir de éste parámetro se puede determinar otra característica de los ritmos biológicos que es el periodo (T) y que se define como el intervalo necesario para que ocurra un ciclo de la función descrita y que se puede conocer calculando el recíproco de la frecuencia ($T = 1/F$), por ejemplo, la tasa cardíaca tiene una frecuencia aproximada de 60 latidos por minuto, siendo su periodo de 1 segundo.

La Amplitud (A) se refiere a los distintos valores que asume la función en cada momento, por ejemplo, puede indicar el nivel de ejecución de una prueba en un momento específico del ciclo.

La Fase (F) es el estado instantáneo dentro de un ciclo, generalmente se refiere al momento en que se encuentra un punto de la función con respecto a otro punto de la misma o con respecto a otra función oscilante. Las diferencias observadas entre dos funciones oscilantes se expresan como relaciones de fase y se miden en radianes o, más comúnmente, en grados, ya que cada ciclo es una versión particular de un arco completo (360 grados). Así, se dice que el ciclo de reproducción de muchas especies está en fase (cero grados de desplazamiento) con las estaciones del año.

2. Tipos de Ritmos Biológicos

Las funciones biológicas rítmicas estudiadas en diversos organismos presentan diferentes frecuencias de ocurrencia a lo largo del tiempo. Algunas de estas funciones oscilan con una frecuencia muy rápida, como los ritmos electroencefalográficos, cuyo periodo se mide en milésimas de segun-

do, mientras que otras, de frecuencia lenta, tardan varios meses en ocurrir, como es el caso de los ritmos reproductivos de algunas especies.

Muchas de estas funciones presentan frecuencias de ocurrencia que están estrechamente ligadas a variaciones geofísicas conocidas, como el día, el mes o el año, sin embargo, existen otra serie de funciones que no se relacionan con fluctuaciones ambientales conocidas, a esta clase pertenecen aquellas de frecuencia rápida.

Es importante clasificar a las distintas funciones rítmicas de acuerdo a su frecuencia de aparición, ya que posiblemente se trate de eventos generados de manera distinta, es decir, con mecanismos o estructuras diferentes; a partir de esto han surgido distintas clasificaciones, siendo la más común la que se basa en lo que se considera el periodo geofísico fundamental de los procesos biológicos cíclicos, el día (Aréchiga, H., 1984).

Con base en esto, se clasifican las funciones biológicas rítmicas en:

a) Circadianas (circa: cercanas, aproximadas; días: 24 horas, día).- Comprende a aquellas variaciones biológicas con una frecuencia de un ciclo en 24 horas, generalmente se reconoce un rango entre 20 y 28 horas (Halberg, F., y Lee, J., 1974; Palmer, J., 1976) o entre 21 y 27 horas (Rusak, B., y Zucker, I., 1975).

El ciclo de sueño-vigilia en el hombre adulto, es un ejemplo característico de un ritmo circadiano, y existen muchísimas funciones más que presentan este periodo de oscilación, estas abarcan, desde el nivel celular, como la liberación de péptidos opiáceos (Oliverio, A., y col., 1982), o la disponibilidad de los receptores de los neurotransmisores (Kafka, M., y col., 1981), hasta conductas más integrativas, como pueden ser los ritmos circádicos en el estado de alerta (Monk, T., y col., 1983) o en la eficiencia humana (Monk, T., y col., 1984).

b) Infradianas.- Se refiere a los procesos biológicos cuya variación tiene una frecuencia menor que la circádica, es decir, que necesitan más de un día para que ocurra una oscilación ($T > 24$ hrs.). Dentro de esta amplia categoría se han dividido a su vez en:

- Circanuales o estacionales, que comprenden a aquellas funciones que ocurren una vez en el periodo de un año, con variaciones de ± 2 meses. Dentro de las funciones que presentan este tipo de ritmicidad están: el umbral al dolor, la temperatura oral, la secreción de distintas hormonas y, en otro aspecto, la tasa de natalidad y mortandad en humanos (Aschoff, J., 1981b).

- Circamensual o circatrigintan, que tienen un periodo de un mes (30 días) ± 5 días, como el periodo menstrual o las funciones asociadas a las mareas, como por ejemplo, los

ciclos de actividad locomotora en los cangrejos de mar, las migraciones marinas o las actividades nocturnas de algunos mamíferos (Brown, F., 1975; Neuman, D., 1981).

Existen también funciones que ocurren con periodos de varios días, por ejemplo, ritmos circaseptales, con periodo de $7 + 3$ días; ritmos circadiseptales ($T = 14 \pm 3$ días); ritmos circavigintales ($T = 21 \pm$ días), etc.

c) Ultradianas.- Comprende a las funciones que tienen una frecuencia mayor a la circádica, es decir, que presentan un periodo de oscilación menor de 20 horas, dentro de las cuales tenemos: los ritmos electroencefalográficos, ritmos en la ejecución de pruebas conductuales que involucran funciones corticales humanas (Klein, R., y Armitage, R., 1979; Bossom, J., y col., 1983); fluctuaciones en la conducta motora (Delgado-García, J., y col., 1976); en procesos de percepción (Lavie, P., y col., 1975); en los niveles de concentración de noradrenalina en plasma (Levin, B., y col., 1978), y la alternancia en las fases de sueño (REM-NREM).

La existencia de un tipo de ritmo no excluye la de otros y, de hecho, es muy común que una misma función biológica manifieste ritmos de distinta frecuencia que se encuentran interrelacionados entre sí de manera muy compleja (Aréchiga, H., 1980). Por ejemplo, algunas variables, como la actividad eléctrica cerebral, muestran componentes en varias de las frecuencias descritas (Okawa, M., y col., 1984; Gundel, A., y Witthoft, N., 1983; Othmer, E., y col., 1969; Nakawa, I., 1980; Dement, W., y Kleitman, N., 1957).

3. Propiedades de los Ritmos Biológicos

La descripción de las propiedades de los ritmos biológicos se basa, principalmente, en el análisis de oscilaciones circádicas. Algunos autores sostienen que los ritmos de periodo más largo (infradianos) son múltiplos de los circádicos y, en ocasiones, poseen sustratos anatómicos comunes, de ahí que podríamos generalizar las propiedades de los ritmos circádicos a los infradianos (Aréchiga, H., 1980, 1984). Sin embargo, sería aventurado pensar que los ritmos ultradianos poseen también las mismas propiedades, pues este tipo de oscilaciones no se ha investigado en forma exhaustiva.

La primera de las propiedades, postulada por los doctores Pittendrigh y Bruce, sostiene que los ritmos biológicos son de naturaleza endógena, es decir, que el organismo posee estructuras o sistemas fisico-químicos naturales, llamados marcapasos, que son capaces de medir el tiempo sin requerir de factores ambientales para mantener su periodicidad, aunque, en condiciones naturales, se encuentren en fase con las variaciones geofísicas de las que originalmente surgieron como procesos de adaptación al medio (Brown, F., 1975).

El método seguido para probar lo anterior ha sido aislar a los organismos de las variaciones ambientales y observar el efecto sobre la ritmicidad.

Muchas funciones biológicas rítmicas han mostrado persistencia en condiciones de aislamiento, por ejemplo, el ritmo circádico de sueño-vigilia, en el hombre adulto, ha sido objeto de un gran número de estudios bajo esta situación. - Así, en los años 60s. un joven espeleólogo decidió pasar 2 meses en una caverna, acompañado de una lámpara y un teléfono por el que se comunicaba a la superficie en los momentos en que se aprestaba a dormir e inmediatamente después de despertar; a lo largo de este tiempo trató de reconocer la fecha en que vivía, sin embargo, esta estimación resultó bastante errada, pues, cuando le informaron que el experimento había terminado, la fecha era septiembre 14 y él pensaba que era agosto 20, mentalmente había perdido 25 días. A pesar de esto, el periodo de su ciclo de sueño-vigilia fue, en promedio, de 24 horas 30 minutos, desfasándose 30 minutos para cada día con respecto al ciclo geofísico de luz-oscuridad -- (Palmer, J., 1976).

Palmer reporta otros casos de aislamiento en cavernas, en tiempos que variaban entre 8 y 25 semanas; en todos los casos los sujetos adoptaron un ciclo de sueño-vigilia un poco mayor de 24 horas, con un promedio de 24 horas 42 minutos.

Con el fin de estudiar estos fenómenos en situaciones más comunes y con un mayor control experimental, se han diseñado cámaras de aislamiento que eliminan la entrada de influencias periódicas ambientales y que permiten a los sujetos llevar una vida casi normal, pudiéndose registrar, mientras tanto, algunas variables fisiológicas y aplicar algunas pruebas (Aschoff, J., 1965). Bajo estas condiciones se han encontrado resultados similares, es decir, una ritmicidad biológica típica del sueño en humanos (una fase de vigilia y otra de sueño en el lapso de 24 horas), con un periodo cercano a 25 horas.

Como es de esperar, al no ajustarse estos ritmos al periodo exacto de un día solar (24 horas), se pierde la relación de fase entre la función biológica y los ritmos geofísicos, apoyando la idea de que los ritmos no son impuestos al organismo por el ambiente, sino que estos son endógenos.

Sin embargo, existe otra hipótesis que sostiene que los ritmos biológicos son regulados por los ritmos geofísicos de diversas formas de energía que no son controladas en el laboratorio, de modo que la ritmicidad se generaría como respuesta a estas variaciones ambientales. Dado que es imposible controlar, en el laboratorio, todos los factores geofísicos, se estaría en un callejón sin salida que el Dr. Brown (1975) llama la negativa universal, que consiste en que "uno nunca puede probar un caso acumulando simplemente evidencias negativas".

tivas, se puede eliminar un factor tras otro, pero siempre -- es posible que alguno que no hayamos examinado pudiera ser -- el factor decisivo".

Algunos hallazgos que apoyan la idea son los siguientes: los cangrejos de mar presentan un pico de máxima actividad exactamente antes de la marea baja y, cuando son llevados al laboratorio, aislándolos de las mareas, acoplan sus ritmos a los transitos superior e inferior de la Luna, a través de mecanismos desconocidos; algo semejante sucede a las papas que, bajo 'condiciones constantes' de iluminación, temperatura, humedad y presión, presentan fluctuaciones metabólicas relacionadas con cambios en la presión atmosférica y la temperatura exteriores, de modo que su tasa metabólica es tá relacionada día tras día con la temperatura promedio del aire exterior de ese día, siendo esta última muy variable e irregular. "Es inconcebible que estos organismos, herméticamente aislados, puedan efectuar cambios metabólicos que reflejen tales fluctuaciones, a menos que de alguna manera estuvieran continuamente enterados de ellos. Por eso, se debe concluir que los organismos responden en forma sensible a algún factor geofísico altamente penetrante, cuyas fluctuaciones están relacionadas con estos cambios atmosféricos" -- (Brown, F., 1974, 1975).

Quizá los intentos por descubrir los relojes dentro del organismo no han aportado datos concluyentes debido a que -- tal reloj no existe, sin embargo, dentro de esta divergencia las perspectivas de investigación que se abren en uno u otro sentido son muy interesantes.

Por un lado, si en realidad los ritmos biológicos son -- endógenos, existe un camino muy amplio e interesante por explorar, y que ya se está siguiendo, que trata sobre la determinación de los mecanismos subyacentes a la ritmicidad biológica, con repercusiones muy importantes en diversas áreas de la ciencia, como son: la agricultura, la educación y la medicina.

Por otro lado, si los organismos son capaces de percibir y seguir variaciones energéticas extremadamente sutiles, como son los cambios en la radiación cósmica primaria, la -- percepción de la localización de las estrellas, variaciones en las fluctuaciones magnéticas o la detección de ondas de radio, también se abre un campo de experimentación muy importante acerca de los mecanismos fisiológicos sensoriales que subyacen a la percepción de este tipo de variaciones, que -- hasta ahora ha sido poco explorada.

Otra de las propiedades señala que los ritmos circádicos son susceptibles de verse afectados por influencias externas que actúan como sincronizadores. Estos ritmos poseen una gran plasticidad o adaptabilidad a las variaciones geofísicas, de modo que pueden acoplarse a distintas fluctuaciones externas, desde los periodos geofísicos de luz/oscuri-

dad, hasta el horario de alimentación, siempre y cuando la frecuencia de estas variaciones esté cercana a la frecuencia natural de oscilación (Aréchiga, H., 1976, 1984).

Un aspecto importante es que los sistemas biológicos no son igualmente sensibles a las influencias exteriores a cualquier hora del día, sino que la influencia sincronizante del agente externo depende de la fase del ciclo en que se presente; en el caso de la luz, los momentos en que tiene mayor efecto sincronizante es en las fases de transición del día y la noche. Es de esta forma en la que los animales detectan la llegada de la primavera, pues perciben el alargamiento del periodo de luz (Aréchiga, H., 1984).

Cuando se mantiene a un organismo en condiciones constantes se pueden observar varios hechos importantes, en algunos casos la amplitud del ritmo va disminuyendo hasta desaparecer, esto ocurre con la respuesta de las células visuales del cangrejo que, después de varias semanas de recibir un pulso de luz con una tasa constante, dejan de presentar las oscilaciones circádicas en su nivel de respuesta, pero basta con cambiar la tasa de presentación del estímulo para que la ritmicidad reaparezca, lo que demuestra que el amortiguamiento de un ritmo no significa que se haya perdido la capacidad de oscilar, pues un nuevo estímulo basta para actuar como gatillo que dispara el ritmo que había quedado latente (Aréchiga, H., 1976).

En otros casos, ante condiciones constantes, la ritmicidad puede persistir mostrando su periodicidad espontánea, la cual depende de las condiciones de iluminación y de la especie de que se trate. J. Aschoff (1965) postuló una regla que describe este comportamiento la cual establece que, para el caso de las especies que presentan su periodo de actividad durante el día, el incremento en la intensidad luminosa acorta el periodo del ritmo circádico, aumentando así la frecuencia, mientras que la luz tenue, o la oscuridad, alargan el periodo y, por lo tanto, disminuye la frecuencia; lo contrario ocurre con las especies que presentan su periodo de actividad durante la noche.

Otra propiedad de las oscilaciones circádicas es la de poseer mecanismos homeostáticos precisos. Muy pocas son las sustancias que afectan a los ritmos circádicos, entre ellas están los inhibidores de la síntesis de proteínas (Aréchiga, H., 1976).

Un hecho que resulta sorprendente es que la frecuencia de oscilación, en muchos casos, es independiente de la temperatura ambiental; lo que sí se ve afectado es la amplitud de las oscilaciones (Aréchiga, H., 1984).

Una propiedad más de los ritmos circádicos es que son heredados, dentro de los datos que apoyan esta idea tenemos el caso de la mosca de la fruta (*Drosophila*). En esta especie, el paso del estado larvario al estado adulto está regi-

do por un ritmo circádico, y sólo ocurre a ciertas horas de la madrugada. Si se coloca a una colonia de huevecillos en oscuridad constante, la eclosión empieza a ocurrir a diferentes horas, mostrando un patrón desorganizado. E. Bunning -- (1973) repitió el procedimiento durante 15 generaciones y, -- al llegar a la número 16, aplicó a la colonia un pulso de -- luz de unos cuantos minutos y después la colocó nuevamente -- en oscuridad, observando que las siguientes generaciones hacían eclosión con el mismo patrón rítmico de sus ancestros. Los monos muestran también un comportamiento similar, ya que después de vivir varias generaciones sin pistas externas, si guen exhibiendo ritmicidad circádica en sus periodos de actividad diurna.

El hecho de que la ritmicidad sea hereditaria no significa necesariamente que esta se manifieste a partir del nacimiento, sino que requiere de un desarrollo ontogenético, -- un ejemplo claro de este hecho lo tenemos en la especie humana, en la cual el ciclo bifásico de sueño-vigilia se comienza a manifestar cuando el niño alcanza una edad de entre 7 y 10 semanas, y a partir de este momento esta tendencia se manifiesta cada vez en mayor medida (Hellbrugge, T., 1974).

En general, al inicio de la vida predomina la ritmicidad ultradiana en muchas funciones, como por ejemplo, en los ciclos de sueño-vigilia, en la alimentación, la concentración de hormona del crecimiento, etc., lo que sugiere que es tos son los ritmos más primitivos; en otros casos, lo que se observa al inicio de la vida es una combinación de diferentes ritmos, por ejemplo, la temperatura corporal muestra un componente circádico desde el inicio, combinado con un ritmo ultradiano con periodo de 4.8 horas. El análisis de la ritmicidad en niños prematuros muestra que estos desarrollan es tos patrones rítmicos más tardíamente (Hellbrugge, T., 1974; Martin du Pan, R., 1974; Sisson, T., y col., 1974).

Un paso importante para dilucidar el mecanismo de acción de los relojes biológicos, se ha dado a partir de algunos experimentos genéticos en los cuales se han alterado cro mosomas específicos, produciendo mutantes que no muestran -- ritmicidad o que tienen periodos diferentes, apoyando así la hipótesis de que los ritmos biológicos son heredados (Bunning, E., 1973; Feldman, J., y Hoyle, M., 1974).

4. Mecanismos Generadores

Un aspecto importante en el estudio de los ritmos biológicos se refiere a la localización de las estructuras responsables de la ritmicidad en las distintas funciones del organismo; a estas estructuras se les conoce como marcapasos.

Con el fin de dilucidar los mecanismos que subyacen a -- la ritmicidad circádica, se han desarrollado una serie de mo

delos, entre los que podemos señalar los siguientes:

En un principio se pensó en la existencia de un solo oscilador central capaz de imponer un ritmo a una población de efectores que, por si mismos, no muestran capacidad oscilatoria.

Otro modelo supone la existencia de múltiples osciladores que tendrían bajo su mando a distintos efectores, estos últimos podrían tener o no capacidad oscilatoria, pero los marcapasos superiores impondrían, a fin de cuentas, la frecuencia de oscilación.

Existen, además, otros modelos que son derivaciones de los anteriores y que describen relaciones funcionales más complejas entre los distintos osciladores. Uno de estos modelos es el propuesto por Edmonds, S. y Adler, N. (1977a), que ha sido posteriormente apoyado por Rosenwasser, A., y Adler, N., (en prensa), el cual propone la existencia de múltiples osciladores circádicos coordinados en forma jerárquica; de modo que los osciladores que están en la parte más alta del sistema son los marcapasos, por debajo de los cuales existirían otras estructuras con capacidades oscilatorias pero que estarían bajo el mando de los primeros, los cuales, a su vez, mantienen relaciones de acoplamiento no jerárquicas.

Mucho trabajo se ha realizado con el fin de definir los marcapasos del sistema circádico, y de determinar, por un lado, las vías por las cuales reciben información de los cambios externos a los que son capaces de acoplarse, y, por el otro, las vías a través de las cuales ejercen su acción sobre los distintos efectores.

Casi todas las técnicas empleadas en las Neurociencias se han utilizado para encontrar los marcapasos centrales, sin embargo, todavía existen muchas dificultades en la interpretación de los resultados obtenidos.

Un fuerte candidato para ocupar uno de los lugares de oscilador maestro o marcapaso neuronal, es el núcleo supraquiasmático (NSQ) del hipotálamo anterior; muchos datos en la literatura demuestran que la lesión de este núcleo suprime la ritmicidad de varias funciones en los mamíferos, como por ejemplo, la conducta de beber y la actividad locomotora (Stephan, F., y Zucker, I., 1972; Stoynev, A., y col., 1982); el ritmo circádico de la hormona corticosterona (Moore, R., y Eichler, V., 1972); el patrón circádico de alimentación (Boulos, Z., y col., 1980); etc.

Uno de los criterios que se debe cubrir para considerar a una estructura como marcapaso es que el órgano aislado debe continuar presentando ritmicidad. En el caso del NSQ esto se ha podido demostrar mediante su aislamiento en una "isla hipotalámica", eliminando sus conexiones; bajo esta situación se alteran los ritmos circádicos, pero se mantiene un patrón rítmico de disparo dentro de la isla (Inouye, S., y Kawamura, H., 1979).

Algunas otras observaciones que apoyan la idea de que el NSQ es un marcapaso neuronal se han obtenido a partir de medir la tasa metabólica de esta estructura, utilizando para esto 2-deoxy-D-glucosa, encontrando que el metabolismo oscila con un aparente ritmo circádico, mostrando una mayor actividad durante el día (Schwartz, W., y Gainer, H., 1977).

Por otra parte, a través de técnicas neuroquímicas, se ha podido demostrar que en el NSQ existen sinapsis colinérgicas y gabaérgicas que participan en el procesamiento de información luminosa por este núcleo, de modo que los agonistas o antagonistas colinérgicos pueden mimetizar o bloquear, respectivamente, los efectos de la luz sobre la ritmicidad circádica.

Una de las técnicas que se ha utilizado recientemente ha sido la de transplantar el NSQ fetal a ratas que han sido lesionadas en la misma zona y que, por lo tanto, han perdido la ritmicidad circádica en diversas funciones, encontrándose que a través de esta manipulación se revierte el efecto y la ritmicidad se reestablece (Drucker-Colín, R., y col., 1984).

Mediante las técnicas de lesión, rara vez se logra una total arritmicidad, ya que se pueden observar componentes residuales rítmicos en los registros de la actividad. Por ejemplo, el análisis de Fourier en esta situación, revela la presencia de frecuencias con periodos de 8 y 12 horas en la actividad locomotora de hamsters (Menaker, M., y col., 1978). Hay que considerar que la mayor parte de estos trabajos se ha hecho en roedores, observándose que la lesión del NSQ en monos parece ser menos efectiva para alterar la ritmicidad (Albers, H., y col., 1984a, 1984b).

Además, se ha encontrado que existen algunas funciones rítmicas que no parecen depender de la integridad del NSQ, por ejemplo, en el caso del mono ardilla, persiste el ritmo circádico de la temperatura después de la destrucción del NSQ (Albers, H., y col., 1984a, 1984b). Este hecho sugiere la existencia de otros marcapasos dentro del sistema de biocronometría, uno de los cuales parece ser la glándula pineal.

En muchos de los estudios en los que se apoya la idea de que la glándula pineal es un marcapaso, se ha trabajado con aves, y han mostrado que la extirpación de la glándula produce la pérdida de la ritmicidad en distintas conductas, como son: la actividad locomotora, la temperatura corporal y la secreción de ácido úrico. El efecto anterior sólo se logra si se extirpa toda la glándula, pues, si se mantienen remanentes del tejido, la ritmicidad puede persistir (Menaker, M., y col., 1978).

Se ha postulado que el mecanismo de generación de señales por parte de la pineal sea a través de la hormona melatonina, sin que se requieran entradas neuronales para ejercer su función dentro del sistema. En el Sistema Nervioso, esta

hormona es sintetizada en gran parte en la pineal, a partir del aminoácido triptofano, teniendo como paso intermedio a la serotonina. El contenido de melatonina en la glándula pineal de la rata sigue un ritmo circádico, alcanzando sus valores máximos durante la noche, que es cuando este animal -- presenta sus picos de máxima actividad (Brownstein, M., --- 1982).

También en este órgano las técnicas de trasplante han tenido resultados exitosos en restaurar la ritmicidad motora que se había perdido como consecuencia de la lesión; esta capacidad puede persistir por meses y volverse a perder si el trasplante es removido. Un punto muy importante es que el animal que recibe el trasplante muestra una ritmicidad que está en fase con la que previamente había mostrado el donador (Menaker, M., y col., 1978).

El papel de la pineal en los mamíferos es más controvertido, parece ser que su destrucción en estas especies sólo -- altera ligeramente los ritmos circádicos. De esto se sugiere que existe un circuito retino-NSQ-glándula pineal, que -- subyace a la ritmicidad circádica de los vertebrados y que, las capacidades relativas de estas estructuras para funcionar como osciladores circádicos autónomos, pueden variar de acuerdo a la especie (Rosenwasser, A., y Adler, N., en prensa).

Hasta ahora sólo se han revisado los órganos que pueden ser el sustrato de la ritmicidad, sin embargo, el análisis -- de los marcapasos podría hacerse desde otro nivel, el nivel celular. En este, el objetivo es determinar si las células que forman a estos órganos presentan, por si mismas, ciclicidad y, en caso de que esto sea, conocer el mecanismo por el cual logran ejercer estas funciones. La otra forma de concebir el mecanismo de ritmicidad en el organismo sería el de -- considerarla como una propiedad emergente, que surge de la -- interacción de grupos neuronales que, en forma individual, -- no manifiesten ritmicidad (Aréchiga, H., 1984).

La posibilidad de que cada célula actúe como un generador de ritmos, se ve apoyada por varias razones; una de ---- ellas es por el carácter hereditario que parecen tener los -- ritmos biológicos y, otra, es el hecho de que organismos unicelulares o células individuales de organismos pluricelulares, muestran ritmicidad.

Sobre este punto se ha podido observar que células individuales de la glándula pineal, mantenidas en medios de cultivo, conservan un ritmo circádico de actividad enzimática, semejante al que muestra la glándula en conjunto (Deguchi, -- T., 1974).

Dentro de los mecanismos que se han propuesto para tratar de explicar los ritmos biológicos podemos citar los siguientes:

- 1) Oscilación endógena de la membrana celular.- Propone

que la ritmicidad se genera por cambios cíclicos en el potencial de membrana originados por la sucesión rítmica de apertura y cierre de canales iónicos. Dado que estos parecen estar formados por proteínas localizadas en la membrana celular, la frecuencia de oscilación depende de la rapidez de movimiento de estas moléculas, del tiempo de difusión de los iones y de la enzima responsable del transporte activo de estos para reestablecer el potencial de equilibrio de la membrana. Algunas observaciones han comprobado que es posible modificar los ritmos circádicos, alterando las condiciones de la membrana celular.

2) Otra posibilidad acerca del mecanismo de la ritmicidad sería a través de la activación cíclica del aparato celular de síntesis de proteínas. Dos hechos apoyan la idea, en primer lugar, se han descrito diversos ritmos en la síntesis de proteínas y, en segundo lugar, se ha observado que los inhibidores de la síntesis de proteínas suprimen los ritmos circádicos o afectan su frecuencia y fase, por lo que se sugiere la participación de síntesis ribosomal en el mecanismo de biocronometría (Aréchiga, H., 1980).

3) Por último, pudiera ser que la ritmicidad se generara a través de ciclos de actividad enzimática subcelular. En este caso, se trataría de cadenas enzimáticas de síntesis en las que el producto final actuaría sobre una parte de la cadena, formando circuitos de retroalimentación, un ejemplo de este mecanismo sería la fosforilación de proteínas.

Naturalmente que estas opciones no son excluyentes, dado que los inhibidores de la síntesis de proteínas podrían afectar el recambio de las proteínas que están presentes en la membrana celular, y estas a su vez pueden modular la apertura o cierre de canales iónicos, además, las enzimas de la membrana pueden activar compuestos intracelulares (segundos mensajeros), que pueden actuar en distintos sitios de la célula.

Como puede observarse, el análisis de la ritmicidad biológica abarca distintos niveles, esperando que, algún día, la unión de estos conocimientos nos aclare el proceso de la ritmicidad biológica.

5. Funciones Biológicas Rítmicas

La ritmicidad es una propiedad que poseen casi todos los seres vivos, solamente los organismos que se desarrollan en habitats que no reciben la luz solar, como en cavernas o en las profundidades oceánicas, parecen exceptuarse a esta propiedad. La ritmicidad se ha podido observar desde los organismos unicelulares eucariotas (células nucleadas) hasta el hombre (Reinberg, A., 1982).

Además, en las especies que presentan ritmicidad, esta propiedad afecta prácticamente a la totalidad de sus funciones, por ejemplo, existen variaciones en diversos procesos fisiológicos, en la reproducción celular, en la susceptibilidad a agentes físicos y químicos, en la expresión de patrones conductuales, en la ejecución de pruebas, en el estado de ánimo, etc. . Todas estas funciones muestran máximos y mínimos que no se distribuyen al azar a lo largo del día, sino que presentan variaciones periódicas previsibles.

El organismo posee una multiplicidad de funciones biológicas oscilantes que se encuentran interactuando en todo momento, relacionándose entre si para lograr un funcionamiento óptimo. Muchas de estas funciones presentan relaciones de fase específicas, así, el máximo de las capacidades del Sistema Nervioso Central, del corazón y de los pulmones, se produce hacia la mitad del día, mientras que los máximos de las actividades endócrinas, que preparan a las actividades diurnas, aparecen durante la noche o en momentos próximos al despertar, por ejemplo, la hormona adenocorticotrófica (ACTH), que actúa sobre la corteza suprarrenal, estimulando la secreción de cortisona y cortisol, que a su vez modifican la cantidad de aminoácidos, lípidos, glúcidos y sales minerales -- disponibles en la sangre, presenta el pico máximo de secreción en el momento próximo al despertar, siendo este un mecanismo homeostático del organismo (Reinberg, A., 1982).

Los estudios de ritmicidad biológica en el nivel celular han encontrado oscilaciones periódicas en las concentraciones de neurotransmisores, en las enzimas que los sintetizan, en sus metabolitos y en el número de receptores disponibles (Kafka, M., 1981; Naber, D., y col., 1980; Wirz-Justice, A., y col., 1981). También se ha encontrado ritmicidad en la síntesis de melatonina en la glándula pineal y aún en la actividad enzimática de células aisladas de esta misma -- glándula (Brownstein, M., 1982; Binkey, S., y col., 1977; Menaker, M., y col., 1978; Rosenwasser, A., y Adler, N., en -- prensa; Kasal, C., y Menaker, M., 1979; Deguchi, T., 1974). Los péptidos opiáceos también se liberan con variaciones circádicas (Oliverio, A., y col., 1982).

También se ha podido observar que los receptores a la acetilcolina, a la histamina y a diversas hormonas, presentan variaciones en su susceptibilidad (Reinberg, A., 1982). Además, se ha encontrado ritmicidad en la descarga de impulsos eléctricos de células nerviosas (Jacklet, J., 1969), en la proliferación celular (Scheving, L., y col., 1983), en el desplazamiento de algunas estructuras dentro de la célula -- (Rapp, P., 1979) y en muchas funciones celulares más.

Por otra parte, se ha encontrado ritmicidad en procesos orgánicos más integrativos, siendo la temperatura corporal -- uno de los más estudiados, ya que puede ser un índice del metabolismo general, y que presenta un ritmo circádico bien es

tablecido, alcanzando su máximo hacia las últimas horas de la tarde y disminuyendo progresivamente durante la noche --- (Hildebrandt, G., 1974).

El ciclo de sueño-vigilia es otra de las funciones que ha recibido gran atención; en el adulto humano este ciclo -- tiene un periodo aproximado de 24 horas, sin embargo, existen otras especies que presentan este ciclo en forma ultradiana, sobrepuesto a un periodo circádico, es decir, presentan varios episodios breves de sueño durante el día, acompañados de un periodo prolongado de sueño en algún otro momento, siendo este último de naturaleza circádica (Corsi, M., 1983; Campbell, S., y Tobler, I., 1984).

La historia del estudio del sueño ha seguido etapas --- bien definidas, en un inicio, el énfasis estuvo centrado en el análisis de aspectos conductuales, observando los movimientos y las posturas durante el sueño y midiendo aspectos de la fisiología del sistema nervioso autónomo, como la presión sanguínea, la tasa cardíaca y la temperatura. Posteriormente, con el redescubrimiento del registro de la actividad eléctrica cerebral (EEG), hecho por H. Berger en 1929, -- se abrió una nueva época en los estudios de sueño, se encontró que este no era un estado uniforme sino que constaba de distintas etapas, que fueron caracterizadas por Loomis, A., y col., (en Corsi, M., 1983), de acuerdo al tipo de actividad eléctrica cerebral que se presentaba, en etapas A, B, C, D y E.

Años después, E. Aserinsky, y N. Kleitman (1953), registraron los movimientos oculares durante el sueño, agregando así la descripción de una etapa más, la fase de movimientos oculares rápidos (MOR o REM). Posteriormente, M. Jouvet --- (1959) encontró que durante esta última fase se disminuía el tono muscular (Moruzzi, G., 1972).

De esta forma surgió una nueva descripción estandarizada de las fases de sueño, que se basa en los cambios que ocurren en la actividad eléctrica cerebral, en el movimiento -- ocular y en el tono muscular durante el sueño; esta clasificación comprende 5 etapas: fases I, II, III, IV y REM (Rechtschaffen, A., y Kales, A., 1968). Actualmente es común que a las fases I, II, III y IV se les agrupe dentro de la denominación de sueño lento (SL) o no REM (NREM), ya que poseen mecanismos neurofisiológicos y neuroquímicos comunes, teniendo así solamente dos fases: REM y NREM (Corsi, M., 1983; -- Gaillard, J., 1980).

La ritmicidad ultradiana con que se presentan estas fases durante el sueño, tiene un periodo de 90 minutos (Dement, W., y Kleitman, N., 1957), es decir, cada 90 minutos -- se presenta una fase de sueño REM, con un rango de variabilidad de entre 80 y 110 minutos (Corsi, M., 1983).

Muchas otras funciones biológicas durante la vigilia -- han mostrado poseer este mismo periodo de oscilación en sus

ritmos, este hecho llevó a N. Kleitman (1963), a postular la existencia de un ritmo básico de actividad y reposo (BRAC), que se manifiesta a lo largo de las 24 horas. Así, durante el día, se pueden observar picos de máxima activación en distintas funciones biológicas y conductuales, mientras que durante la noche estos periodos de activación se manifiestan en la fase de sueño REM.

Por ejemplo, S. Friedman y C. Fischer (1967), reportan, en humanos, un ciclo con periodo de 96 minutos en conductas orales como comer, beber y fumar.

Otros estudios encuentran que la ejecución de conductas operantes, en distintos programas de reforzamiento y en distintas especies, varían a lo largo del día con un periodo semejante al ciclo REM-NREM que manifiesta la especie en particular, por ejemplo, en gatos se ha encontrado que la tasa de respuesta para obtener comida o estimulación intracraneana varía con un periodo de 20 minutos, lo cual coincide con la duración del ciclo REM-NREM en esos animales (Sterman, M., - 1970; Sterman, M., y col., 1972; Delgado, J.M., y col., ---- 1976).

W. Orr, y col., (1974), describen, en humanos, un ciclo en el estado de alerta que presenta un periodo de 90 minutos, encontrando que la tasa cardíaca posee la misma ciclicidad. Mientras que P. Lavie (1979), estudiando procesos de atención, medida a través de respuestas del sistema nervioso autónomo (diámetro pupilar, reflejo ante la luz, etc.), encuentra un ritmo ultradiano con periodo entre 75 y 125 minutos; en otro estudio (1981), encontró una variación rítmica en la capacidad de los sujetos para dormirse durante el día, la cual presentó un periodo aproximado de 100 minutos.

En algunas otras investigaciones se han evaluado diversos parámetros perceptuales, encontrándose ritmicidad, dentro del rango del BRAC, en la ejecución de la prueba de Rosvold-Mirsky, que consiste en la proyección de 12 letras diferentes, una cada segundo, y en la que el sujeto debe apretar una palanca al percibir una determinada secuencia de letras, observándose una variación cíclica en el número de errores, mostrando una periodicidad de 90 minutos (Globus, - G., y col., 1971). También se han reportado ritmos ultradianos en la percepción del post-efecto espiral (Lavie, P., y col., 1974, 1975; Lavie, P., 1976).

En otra serie de trabajos, se ha observado que la actividad eléctrica cerebral (EEG) y los movimientos oculares rápidos que caracterizan a las fases de sueño, no son específicos a esta condición, sino que también pueden observarse en estado de reposo durante el día, presentándose mucha variabilidad en la periodicidad encontrada entre los distintos estudios, así como también entre los sujetos de cada estudio.

E. Othmer, y col., (1969), encuentran que, durante el -

día, existen periodos de movimientos oculares rápidos, sin embargo, los autores no describen si estos se ajustan a algún periodo específico.

Por otra parte, Y. Nakawa (1980), registró el EEG durante 23 horas continuas a 25 sujetos que permanecieron acostados durante todo el experimento, con el fin de determinar los patrones electrofisiológicos en estado de reposo a lo largo del día, encontrando que los sujetos presentaban una tendencia más fuerte a dormir durante la mañana que durante la tarde, observándose además apariciones de REM a lo largo del día, en algunos casos con periodos de 4 horas.

A. Gundel, y H. Witthoft (1983), postulan que el ritmo circádico en el EEG es controlado por dos factores distintos que pueden ser disociados. Uno de ellos sería propio del ritmo circádico del EEG en vigilia y, el otro, sería dependiente del ciclo de sueño-vigilia. Esto lo demostraron registrando cada hora el EEG, en la derivación occipital derecha, a 6 sujetos que fueron privados de sueño durante 30 y 48 hrs., encontrando un ritmo circádico en la potencia en la banda de delta (la cual presentaba un pico máximo hacia las 15 hrs.); así como también una ritmicidad en la frecuencia - pico de la banda de alfa, que cambiaba de 9 Hz., a las 15 hrs., a 9.6 Hz., hacia las 20 hrs.

En un estudio reciente, M. Okawa, y col., (1984), tomaron muestras de actividad eléctrica cerebral, a sujetos humanos, en lapsos de 20 minutos, entre las 8 y las 19 hrs., encontrando ritmos ultradianos en el estado de vigilia (evaluado a través de la potencia en la banda de beta), que fluctuaba con periodos entre 60 y 110 minutos, observándose mucha variabilidad interindividual, así como también patrones de ritmicidad muy inestables para el mismo sujeto cuando era evaluado en diferentes días.

Dentro del estudio de la ritmicidad biológica, un aspecto muy interesante se refiere a los ritmos conductuales humanos que involucran procesos corticales complejos, como son las funciones cognoscitivas.

Esta área de estudio es extremadamente compleja debido a diversos factores que hacen difícil la medición de los ritmos de ejecución, entre los que podemos mencionar los siguientes:

Aún la tarea aparentemente más fácil, posee componentes sensoriales, motores y cognitivos, sumamente complejos que aún no han podido ser dilucidados, de modo que es muy difícil conocer específicamente cuál es el proceso que está influyendo para que se produzcan las variaciones cíclicas en la ejecución.

Por otra parte, en situación de ejecución continua, siempre estarán presentes, por un lado, factores relacionados con la fatiga, y por otro, factores de aprendizaje debidos a la práctica continua de una tarea; estos factores in-

fluyen en la ejecución en sentido opuesto y, de alguna manera, determinan el tipo de tarea que se va a utilizar y la frecuencia con la que se puede valorar la ejecución.

Un tercer problema se relaciona con el periodo de sueño, ya que no es posible valorar la ejecución en ese estado. Algunos estudios han tratado de solventar este problema privando a los sujetos de sueño o despertándolos a intervalos regulares para aplicarles las tareas, pero con esto se crea otro problema que se refiere al efecto de la alteración del periodo de sueño sobre la ejecución.

Otros problemas en el área se relacionan con las técnicas de registro y análisis, al tipo de tareas a evaluar y a las condiciones artificiales propias de la situación experimental (Colquhoun, P., 1972, 1981).

G. Freeman y C. Hovland (en Folkard, S., 1975) reportan cuatro tipos de relaciones que existen entre la ejecución y la hora del día, las cuales dependen del tipo de tarea empleada: 1) Una subida continua a lo largo del día; 2) Una bajada continua; 3) Una subida en la mañana y una caída por la tarde; y 4) Una caída en la mañana seguida de una subida por la tarde.

N. Kleitman (1963), evaluó la ejecución de distintas tareas en 5 horas diferentes del día; entre estas tareas se encuentran: repartir y seleccionar cartas de la baraja, dibujo en espejo, copiar letras, transcribir códigos, multiplicar, equilibrio manual y balanceo del cuerpo; encontró una alta correlación entre la temperatura y la ejecución de estas pruebas, lo que lo llevó a sugerir una relación causal, arguyendo que la temperatura refleja el grado de actividad química del cerebro y que los procesos mentales dependen del metabolismo cortical.

En otros trabajos no se ha podido demostrar la dependencia de los procesos mentales hacia la temperatura corporal, por ejemplo, T. Monk, y col., (1983a), realizaron una serie de experimentos en los que encuentran que, en situación de laboratorio, el estado de alerta de los sujetos estaba fuera de fase con respecto al ciclo de la temperatura, presentando el pico máximo en el estado de alerta a las 15 hrs., mientras que el de la temperatura se presentó a las 21 hrs. En otro experimento, los sujetos realizaron las mediciones en sus casas, llevando a cabo su rutina de actividades cotidianas, y se encontró el mismo desfase entre ejecución y temperatura, sólo que en este caso los picos máximos ocurrieron a las 12 y a las 19 horas, respectivamente.

Por su parte, M. Blake (1967), evaluó a sus sujetos cinco veces al día, entre las 8 y las 21 horas, aplicando una batería de pruebas que contenía las siguientes tareas: reacción de elección, atención auditiva, clasificación de cartas, cancelación de letras, estimación del tiempo, memoria de dígitos y cálculo. Encontró que en 6 de las 8 pruebas --

existía un efecto significativo de la hora del día sobre la ejecución, solamente en la tarea de estimación del tiempo y en la de tiempo de reacción, no hubo diferencias significativas entre las distintas horas de aplicación. Por otra parte, en 5 de las 6 pruebas que resultaron significativas, hubo una tendencia a mejorar la ejecución con el transcurso -- del día, logrando las más altas calificaciones en la tarde -- (15:30 hrs.) o en la noche (21 hrs.), dependiendo de la tarea; únicamente en memoria de dígitos se logró una mejor ejecución por la mañana (10:30 hrs.).

Una de las tareas que más se ha estudiado en lo que se refiere a oscilaciones en la ejecución, son las pruebas de memoria. Ya Ebbinghaus había reportado una tendencia consistente en aprender más rápidamente las sílabas sin sentido durante la mañana. En general, las pruebas de memoria tienden a ser mejor ejecutadas por la mañana y, durante el transcurso del día, van sufriendo un decremento gradual, observándose una relación de fase invertida con respecto a la temperatura corporal; de ahí que sería de esperarse que las tareas que presenten un gran componente de memoria, deban seguir esta tendencia (Colquhoun, P., 1972, 1981; Baddeley, A., y col., 1970; Hockey, G., y col., 1972; Folkard, S., y Monk, T., 1980).

La mayoría de los estudios citados han tenido como objetivos principales, por un lado, encontrar ritmicidad circádica en la ejecución, y por el otro, esclarecer el efecto de la hora del día sobre la ejecución, sin importar su periodicidad; muy pocos trabajos tratan de buscar ritmos ultradianos en la ejecución de tareas complejas.

Uno de ellos lo realizaron R. Klein y R. Armitage (1979), y tuvo como objetivo determinar si la ejecución de pruebas que evalúan funciones corticales atribuidas a los hemisferios cerebrales, presentaban ritmos ultradianos durante el día. Para esto, aplicaron una prueba de pareamiento verbal y otra de pareamiento espacial; la primera de las tareas involucra en mayor medida la función del hemisferio izquierdo, mientras que la segunda estaría dirigida a evaluar la función del hemisferio derecho. Ellos aplicaron estas pruebas cada 15 minutos durante 8 horas, encontrando ritmicidad en la ejecución con distintas frecuencias, cuyos periodos fueron 4 hrs., 96 minutos y 37 minutos, observando además que presentaban entre ellas una relación de fase invertida, es decir, cuando aumentaba la ejecución en una de las tareas, empeoraba la ejecución de la otra, lo cual sugiere que, a lo largo del día existe una alternancia en la activación de los hemisferios cerebrales.

Por su parte, J. Bossom, y col., (1983), evaluaron dos tareas a lo largo del día (coordinación ojo-mano y recuerdo), y las trataron de relacionar con algunos procesos viscerales (tasa cardíaca, presión arterial, concentración en

1

sangre de glucosa, cortisol, hormona del crecimiento, epinefrina y norepinefrina). La duración del experimento fue de 6 horas, tomando muestras cada 15 minutos. Encontraron una ritmicidad en las pruebas conductuales con periodos de 86 y 88 minutos, mientras que en las variables viscerales predominaron las frecuencias lentas, las cuales quizá oscurecieron a los ritmos ultradianos. Por otra parte, en este trabajo no se encontraron correlaciones significativas entre la ejecución y las diversas variables viscerales evaluadas.

A partir de los trabajos anteriormente citados, una conclusión que se puede sugerir es que no existe un ritmo de ejecución que incluya a todas las tareas, sino que parece haber varios, estando la ritmicidad de estas funciones bajo el control de diferentes osciladores cerebrales (Monk, T., y col., 1983b, 1984).

CAPITULO III

ESPECIALIZACION HEMISFERICA

1. Introducción

Uno de los temas de investigación más interesantes en las Neurociencias, comprende la localización de funciones -- dentro de la corteza cerebral. Así, se ha encontrado que -- las distintas funciones sensitivas y motoras, son gobernadas por áreas bien delimitadas: el lóbulo occipital participa en el procesamiento de la información visual; el lóbulo temporal interviene en la audición; el área postcentral en la información táctil y la precentral en el control motor. Existen, además, otras zonas, llamadas áreas de asociación, que están implicadas en aspectos de procesamiento más complejo, como pueden ser: la planeación de acciones motoras, el procesamiento lingüístico, el reconocimiento de rostros, etc.

Dentro de las funciones más importantes para la especie humana, están aquellas implicadas en la comprensión y en la producción del lenguaje.

Uno de los primeros pasos que se dieron para localizar las zonas del lenguaje dentro de la corteza cerebral lo dió P. Broca, en 1861, quien reportó la historia de dos pacientes que habían perdido la capacidad del habla y que, un examen postmortem reveló que presentaban daño cerebral en la -- tercera circunvolución frontal del hemisferio izquierdo, conocida actualmente como área de Broca, deduciéndose que la -- región del lenguaje articulado se encontraba en esa zona del cerebro (Geschwind, N., 1981). Posteriormente, Broca hizo -- notar que una lesión similar en la zona correspondiente del lado derecho, dejaba intacta la capacidad del habla, notándose, además, que los músculos que funcional mal en el habla -- por la lesión del hemisferio izquierdo, operan normalmente -- en otras funciones, descartándose la posibilidad de que se -- trate de algún tipo de parálisis facial (Ardila, A., 1982).

En 1874, Wernicke encontró otra área implicada en el -- procesamiento lingüístico, localizada en la circunvolución -- temporal superior del hemisferio izquierdo, cuya lesión produce incapacidad para comprender el lenguaje hablado, pre

sentándose un habla fluida pero carente de significado.

El hecho de que las capacidades lingüísticas parecieran residir en el hemisferio izquierdo, aunado a que la mayoría de la gente tiene preferencia por la mano derecha, que es -- controlada en mayor medida por este hemisferio, hizo surgir la idea del hemisferio izquierdo como dominante (Geschwind, N., 1981).

Estudios posteriores, han revelado que el hemisferio de recho interviene en mayor medida en varias funciones, entre las que pueden citarse: el reconocimiento de caras, la percepción musical, las habilidades espaciales, etc. Llegándose a un punto en el que se considera que cada hemisferio se encuentra especializado en diferentes funciones. Así, se dice, que el hemisferio cerebral izquierdo está especializado en funciones lógicas, secuencias y verbales, mientras que el derecho lo está en funciones no lógicas, globales y espaciales.

En los últimos años se han postulado una gran cantidad de funciones psicológicas dicótomas que tratan de explicarse bajo los supuestos de la especialización hemisférica. Dentro de las dicotomías izquierdo-derecho tenemos: verbal/visg espacial; analítico/sintético; procesamiento serial/paralelo; funcionamiento focal/difuso; juicios de semejanza/de diferencia; pareamiento por nombre/por características físicas; racional/intuitivo; restringido/creativo; lógico/prelógico, etc. (Bradshaw, J., y Nettleton, N., 1981).

Muchos problemas se han abordado siguiendo este criterio, estos abarcan desde los déficits en el aprendizaje que presentan algunos niños, hasta la efectividad de los gerentes de las empresas. Sin embargo, como dice M. Bryden ---- (1982), habría que tomar una posición más conservadora para evitar sobreinterpretar los resultados de los experimentos -- de lateralidad, considerando que la lateralización cerebral es solamente uno de muchos factores que afectan la ejecución de las tareas conductuales, y que no todas las asimetrías -- conductuales están necesariamente relacionadas con el distinto funcionamiento de los dos hemisferios.

Además, la búsqueda de relaciones dicótomas puede llevar a impresiones, por ejemplo, si el área de Broca, en el hemisferio izquierdo, es importante para la expresión del -- lenguaje, ello no implica que la región homóloga, en el hemisferio derecho, sea importante para la función opuesta.

Los temas más importantes y las discusiones más sobresalientes acerca de la especialización hemisférica, son muy semejantes a los que ya hemos revisado en el tema de los ritmos biológicos. Por ejemplo, así como señalamos que, en los ritmos de ejecución, no conocemos cual de los subprocesos implicados en las tareas es el que está influyendo para producir las variaciones cíclicas, en los estudios de asimetrías funcionales no sabemos qué es lo que está lateralizado, pue-

de ser el lenguaje, la atención, las estrategias adoptadas -- para resolver los problemas, la memoria o varios de estos aspectos a la vez. Tampoco se ha podido determinar cual es el mecanismo neurofisiológico que posibilita la especialización hemisférica, ni como se relacionan las diferencias individuales con este proceso.

Otros de los temas tratados en esta área se refieren al origen y a las posibles funciones que pueda desempeñar la lateralización sobre la conducta global del individuo, así como también sobre el surgimiento o desarrollo de esa cualidad, tanto a nivel filogenético como ontogenético.

Muchos de estos problemas son tratados actualmente a -- través de distintos caminos, los cuales intentaremos resumir en los siguientes incisos.

2. Asimetrías Anatómicas

Una vez postulada la existencia de asimetrías funcionales, principalmente en lo que respecta al lenguaje, se trató de buscar cuál pudiera ser la base anatómica de estas diferencias. Se desarrollaron una serie de investigaciones que tuvieron como objetivo encontrar las diferencias estructurales entre los hemisferios cerebrales.

Así, N. Geschwind y W. Levitsky (1968), examinaron 100 cerebros humanos, que estaban libres de una patología significativa, encontrando que la cisura de Silvio tiene una pendiente más pronunciada en el hemisferio derecho, pero era -- más larga en el lado izquierdo. En el 65% de los casos, el área de Wernicke, situada en el lóbulo temporal del hemisferio izquierdo, era mucho mayor comparada con el área homóloga del hemisferio derecho, mientras que en el 24% de los casos las áreas eran similares entre los hemisferios, lo cual sugiere que esta asimetría pudiera estar relacionada con el predominio lingüístico del hemisferio izquierdo.

Hay que hacer notar que estas diferencias también implican que el hemisferio derecho deba aventajar al izquierdo en otras áreas, ya que si la cisura de Silvio es menor en el hemisferio derecho, entonces, el área cortical que se extiende desde la región posterior de la cisura de Silvio hasta el polo occipital, ha de ser mayor en este lado y con esto mejorarían las capacidades relacionadas a esta zona (Ardila, A., - 1982):

Posteriormente, Wada confirmó que estas diferencias ya se encuentran presentes en el feto humano, por lo que no pueden interpretarse como producto de la práctica lingüística -- durante la niñez, sino al contrario, que la capacidad lingüística del hemisferio izquierdo es debida a esta facilitación anatómica (Ardila, A., 1982).

Las asimetrías anatómicas se han podido comprobar me-

diante la utilización de la técnica de arteriografía; que -- consiste en la inyección, en la corriente sanguínea, de una sustancia opaca a los rayos X, observándose después como se distribuye al recorrer las arterias craneales. La arteria cerebral media recorre todo el surco de la cisura de Silvio, lo cual hace posible determinar su longitud. A. Galaburda, y col., (1978) encontraron que, en la mayoría de los sujetos, esta arteria tenía una inclinación más pronunciada y -- era más grande en el hemisferio derecho. Al utilizar la tomografía axial computarizada encontraron que, las personas -- diestras, tienen un lóbulo derecho más amplio que el izquierdo, pero que los lóbulos parietal y occipital izquierdo son mayores que los del lado derecho. Por otra parte, también -- se ha determinado, a partir de restos fósiles, que ya el hom -- bre de Neanderthal presentaba el mismo tipo de asimetría, ya que en la bóveda craneana se presenta una pequeña cresta que corresponde a la cisura de Silvio, sugiriendo con esto que -- el predominio hemisférico ya se había producido hace por lo menos 30 mil años (Geschwind, N., 1981); esto último concuerda con los datos citados por J. Oppenheimer (1977), quien se --ñala que, a partir de los análisis de los instrumentos de -- trabajo y de los trazos de pintura encontrados, correspondientes al periodo paleolítico, se deduce que la mano que se utilizaba preferentemente era la derecha.

J. Levy (1983), reporta otros hallazgos sobre las asimetrías interhemisféricas, señalando que McRae y col., en ---- 1968, estudiando el cerebro de 87 personas diestras, a través de técnicas radiológicas, encuentran que el cuerno occipital de los ventrículos laterales es mayor en el hemisferio izquierdo en el 60% de los casos, mientras que sólo es mayor en el hemisferio derecho en el 10% de ellos. Mientras que -- LeMay, y col., (en Levy, J., 1983), en una serie de investigaciones, reportan que, en dos terceras partes de los sujetos diestros, el opérculo parietal izquierdo es mayor que el derecho, lo mismo ocurre con respecto al lóbulo occipital izquierdo, mientras que el lóbulo frontal presenta una relación inversa; es decir, es mayor en el hemisferio derecho. -- J. Levy concluye diciendo que es difícil creer que las variaciones anatómicas no tengan consecuencias funcionales.

Por su parte, A. Galaburda, y col., (1978), reportan estudios en los que se han encontrado asimetrías en el cruce -- de los tractos piramidales, observándose que, en el 82% de -- los casos, los tractos izquierdos se decusan a nivel del bulbo raquídeo y lo hacen antes que el tracto derecho.

En lo que respecta al peso que poseen cada uno de los -- hemisferios, se han reportado diferencias irrelevantes, no -- mayores de 5 gramos, que quizá sean debidas a la técnica de disección (Ardila, A., 1982).

3. Estudios Clínicos

a) Diagnóstico Neuropsicológico.

La Neuropsicología es un área de la ciencia que ha contribuido en forma importante al entendimiento de la especialización hemisférica. Esta área estudia las relaciones entre las funciones corticales y las llamadas conductas complejas, como pueden ser: el lenguaje oral, la lecto-escritura, el cálculo, la organización perceptual, etc.

Las investigaciones a las que nos vamos a referir, provienen del estudio de pacientes con distintos tipos de alteraciones neurológicas, que han revelado datos acerca de la organización de las funciones superiores en el cerebro.

Cuando se daña un punto determinado del cerebro, por oclusión de alguna arteria o por algún traumatismo, este hecho se acompaña de una bien definida deficiencia en el comportamiento.

Como ya se apuntó, una de las primeras evidencias que indicaban una relación entre estructura y función, señalaba que las funciones lingüísticas dependían de la integridad de distintas áreas del hemisferio izquierdo.

Por otra parte, la contribución del hemisferio derecho en determinados tipos de comportamiento, ha tenido un desarrollo más lento y, hasta la fecha, es objeto de discusiones, ya que el daño de este hemisferio tiene efectos menos previsibles (Bryden, M., y Allard, F., 1981; Benton, A., 1971). En años recientes se ha señalado que el hemisferio derecho también participa en algunos aspectos del lenguaje, ya que, al ser lesionado, se producen algunas alteraciones en esta función como pueden ser: un lenguaje monótono carente de entonación, ligera tendencia a la repetición silábica, y algunos problemas articulatorios (Ardila, A., 1984).

Otra de las funciones que se ven alteradas por lesiones focales del cerebro es la integración u organización de los movimientos corporales aprendidos (praxias), sin que existan, en este caso, alteraciones musculares. Se han establecido distintas clasificaciones para esta alteración. Algunos de estos trastornos se presentan principalmente por lesiones del hemisferio izquierdo, así, J. Ajuriaguerra, y col., (en Benton, A., 1971), reportan que de un grupo de 206 pacientes con lesiones del hemisferio izquierdo, 48 tenían apraxia ideomotriz o cinestésica, que se caracteriza porque el paciente manifiesta movimientos bruscos y carentes de precisión en alguno de los miembros, mientras que al observar otro grupo de 150 pacientes con lesiones del hemisferio derecho, ninguno de ellos presentaba esta alteración.

En otro trabajo de J. Ajuriaguerra y H. Hécaen (en Benton, A., 1971), se señala que la lesión del hemisferio dere-

cho produce más alteraciones visoespaciales, siendo una de las más conocidas la apraxia del vestir. Esta alteración -- fue observada en 32 de 147 pacientes con lesión del hemisferio cerebral derecho y sólo en 8 de 205 pacientes que tenían la lesión en el hemisferio izquierdo.

Otra alteración que se presenta en forma diferenciada -- de acuerdo al hemisferio alterado, se refiere a la imposibilidad de reconocer los objetos del medio externo, denominada agnosia; de esta alteración existen diversas clasificaciones y subclasificaciones. En resumen, la agnosia visual a los -- objetos, al color y a las letras, está asociada con lesiones del hemisferio izquierdo, mientras que la agnosia espacial y la agnosia a las caras (prosopagnosia), se encuentra relacionada con lesiones del hemisferio derecho.

Un punto importante a considerar en este tipo de trabajos es que, en el grupo de pacientes que tienen la lesión en el hemisferio derecho, la extensión de la misma es generalmente mayor que los pacientes que tienen lesionado el hemisferio izquierdo y, quizá los déficits observados en el comportamiento, estén en función de la cantidad de tejido alterado y no de la localización de la lesión. Las lesiones amplias del hemisferio izquierdo producen pacientes con afasias severas que no pueden ser valorados y, por lo tanto, -- quedan excluidos de la investigación. Este hecho debilita -- la hipótesis de que el hemisferio derecho ejerza un papel específico en ciertos aspectos del comportamiento.

En otra línea de trabajo, W. Penfield (1979), y B. Milner (1979), han extirpado las mitades anteriores de los lóbulos temporales, así como el hipocampo y la amígdala, para -- aislar los focos epilépticos presentes en esa zona, de esta manera se han obtenido más evidencias de la especialización de los lóbulos temporales. Al producir una lobotomía temporal en el hemisferio izquierdo, se presentaron alteraciones específicas en la memoria verbal, mientras que si se extirpa la zona correspondiente en el hemisferio derecho, se deja intacta la memoria verbal, pero se altera el recuerdo de patrones visuales y auditivos complejos, alterándose el aprendizaje de laberintos y el reconocimiento de caras.

b) Estimulación eléctrica cerebral

Esta técnica ha sido utilizada por los neurocirujanos -- para localizar y extirpar el área cerebral responsable de -- los ataques epilépticos, en pacientes que no responden a la terapia farmacológica habitual.

Cuando se estimula eléctricamente el área epileptogénica de la corteza cerebral, el paciente reporta la sensación asociada al inicio de la crisis convulsiva. Además, mediante la estimulación eléctrica, también se localizan las áreas

funcionales que responden normalmente, aumentando así la precisión y seguridad de la excisión quirúrgica de las áreas dañadas.

Mediante la estimulación se obtienen varios tipos de -- respuestas:

i) Con la estimulación de la corteza somática, los pacientes reportan una sensación vaga de cosquilleo en cierta área de la piel. W. Penfield determinó estas áreas creando los primeros mapas de la corteza somática, representados por el homúnculo de Penfield, que describe las áreas de la corteza cerebral que se relacionan con las diversas partes del cuerpo (Ardila, A., 1982).

ii) Por otra parte, con la estimulación de la corteza motora se produce un movimiento brusco del grupo muscular -- asociado con esa área, que el paciente no es capaz de controlar. Este efecto se produce aún bajo anestesia y ha permitido determinar un homúnculo del área motora similar al obtenido para la corteza somática. De esta manera se ha podido establecer que el hemisferio izquierdo recibe principalmente -- sensaciones procedentes de la mitad derecha del cuerpo y manda información a los grupos musculares también localizados a la derecha; lo contrario ocurre para el hemisferio derecho.

iii) Cuando se estimula la corteza occipital de uno de los hemisferios, se producen luces centelleantes en el campo visual contralateral, estando el paciente ciego a los estímulos presentados en ese campo.

iv) La estimulación de las áreas de asociación de la -- corteza temporal, produce dos efectos: el primero, es un juicio automático del medio que rodea al paciente, reportando -- sentimientos de familiaridad, rareza, peligro, etc. El segundo efecto, es el recuerdo de algún evento que ocurrió en el pasado, una rememoración vívida, acompañada muchas veces de imágenes visuales y estímulos auditivos (Penfield, W., -- 1979).

v) Un apoyo a la idea que el hemisferio izquierdo es -- importante para el procesamiento lingüístico, proviene de la utilización de esta técnica. Cuando se aplica la estimulación al área del habla, en un inicio no parece haber ninguna respuesta y el paciente no advierte ningún efecto, pero cuando intenta hablar, escribir o leer, descubre que no le es posible, llamándosele a este trastorno, afasia por interferencia. Estos datos han sido apoyados por el trabajo de G. Ojemann y C. Mateer (1979), quienes produjeron alteraciones en la discriminación fonémica y en la memoria semántica al estimular diferentes regiones del hemisferio izquierdo.

c) Técnica de Wada

A finales de la década de los 40's, J. Wada propuso una

técnica de estudio para la determinación de las funciones de los hemisferio cerebrales. Esta técnica consiste en inyectar una solución de amital sódico, al 10%, en alguna de las arterias carotídeas (izquierda o derecha). Este compuesto es un anestésico que, en este caso, bloquea selectivamente las funciones de uno u otro hemisferio, de acuerdo a cual sea el lado inyectado, ya que cada una de las arterias carotídeas internas irriga a uno de los hemisferios cerebrales.

Esta técnica fue posteriormente utilizada por B. Milner y T. Rasmussen para examinar a pacientes que iban a ser sometidos a cirugía. A estos pacientes se les inyectaba amital sódico en una de las arterias produciéndose, al cabo de unos minutos, parálisis de uno de los hemisferios cerebrales, y aplicaban una serie de pruebas en ese periodo para determinar cual sería el tipo de alteración funcional que el paciente pudiera sufrir como consecuencia de la extirpación unilateral del lóbulo temporal (Ardila, A., 1982).

En resumen, los datos que se han aportado al utilizar esta técnica indican que la anestesia del hemisferio izquierdo, en sujetos diestros, altera considerablemente la función del lenguaje, en este caso el sujeto pierde la capacidad del habla. También se ha encontrado que, en un alto porcentaje (64%), aún los sujetos zurdos tienen la representación del lenguaje en el hemisferio izquierdo, ya que presentan la misma alteración.

La inyección de amital en la arteria carótida derecha, no produce alteraciones del lenguaje en los sujetos diestros y sólo la produce en el 20% de los sujetos zurdos o ambidestros que no tenían una lesión probada (Luria, A., 1977). Por el contrario, la parálisis del hemisferio derecho produce otro tipo de alteraciones, como son: la incapacidad de solucionar tareas espaciales, incapacidad en el reconocimiento de rostros y melodías, etc. (Ardila, A., 1982).

La utilización de esta técnica presenta algunas dificultades, en primer lugar, sólo puede ser utilizada en aquellos pacientes que, por prescripción médica, necesitan ser inyectados en las carótidas internas, además, falta determinar la dosis adecuada a utilizar (Luria, A., 1977).

d) Cerebro dividido

Los hemisferios cerebrales se comunican entre si a través de haces de fibras nerviosas llamados comisuras, siendo la más grande de ellas el cuerpo calloso; otras comisuras son: la anterior, la posterior, el quiasma óptico, la masa intermedia y la comisura habenular (Sperry, R., 1975).

El fenómeno de desconexión de los hemisferios cerebrales fue descrito inicialmente por R. Myers y R. Sperry, quienes cortaron las comisuras y el quiasma óptico a un gato y

de este modo lograron que la información visual proveniente de un ojo, solamente fuese recibida por el hemisferio ipsilateral; posteriormente, entrenaron al animal en una tarea, tándole uno de los ojos y notaron que el animal podía aprenderla perfectamente, sin embargo, cuando el mismo problema tenía que ser ejecutado solamente viendo a través del otro ojo, el animal no era capaz de realizar la tarea y tenía que aprenderla de nuevo, esto hacía suponer que los hemisferios trabajaban en forma independiente (Gazzaniga, M., 1967).

Este hecho demostraba que el cuerpo calloso desempeña un papel crucial en la transferencia del aprendizaje desde una mitad del cerebro a la otra.

La operación de división de los hemisferios cerebrales ha sido utilizada en sujetos humanos con el fin de contrarrestar la propagación de focos epilépticos de un hemisferio al otro, y se usa como último recurso cuando la terapia con medicamentos ya no es eficaz. Al efectuarse este tipo de operaciones, surgió como una paradoja el hecho de que los pacientes operados no mostraban ninguna alteración aparente en sus capacidades, observándose que cada mitad conserva intacta su organización interna, la entrada de mensajes sensoriales y la salida de ordenes motoras.

Por otra parte, con la utilización de esta técnica, se aportó un modelo experimental que ha resultado ser muy útil para aclarar las funciones que dependen de cada uno de los hemisferios cerebrales.

Bajo estas circunstancias se ha observado que, cuando a un sujeto se le presentan objetos diversos o letras en el campo visual derecho, es capaz de reportarlas verbalmente sin ninguna dificultad, ya que el campo visual derecho se proyecta sobre el hemisferio izquierdo, que es el que posee la función del lenguaje. Sin embargo, si los mismos estímulos se proyectan al campo visual izquierdo, los sujetos reportan no haberlos visto o, en algunos casos, reportan que vieron un destello luminoso. Lo que parece ser es que los sujetos sí perciben el estímulo con el hemisferio derecho, pero no lo pueden reportar dado que este no posee las habilidades lingüísticas, esto se corrobora por el hecho de que, bajo estas circunstancias, el paciente es capaz de parear objetos utilizando la mano izquierda (Sperry, R., 1968).

En otros experimentos se ha observado que, cuando se les presentan palabras cuya extensión atravieze la línea vertical, originando que una parte de la palabra se diriga al hemisferio izquierdo y la otra al derecho, los pacientes sólo pueden leer la parte que fue presentada al hemisferio izquierdo. No pueden completar la palabra, pues se utilizan terminaciones comunes, por ejemplo, NA-CION, CAN-CION, etc., siendo muy breve el tiempo de presentación de estas palabras (50 msec.) para evitar así que se presente el movimiento ocular y, de esta forma, el mismo ojo pueda ver las dos partes

de la palabra (Sperry, R., 1968).

Una derivación de esta situación experimental es la técnica del estímulo dividido, desarrollada por C. Trevarthen y M. Kinsbourne, que consiste en presentar estímulos formados por dos imágenes distintas unidas por la mitad, de modo que la mitad izquierda del estímulo presenta una imagen distinta a la de la mitad derecha; bajo estas condiciones, cada hemisferio cree haber percibido un solo estímulo.

Utilizando esta técnica se ha podido demostrar que el hemisferio derecho está especializado en el reconocimiento de caras, ya que cuando se le presenta un estímulo dividido, formado por la unión de la mitad izquierda de una cara con la mitad derecha de otra, los pacientes tienden a seleccionar la cara vista por el hemisferio derecho, independientemente de la mano utilizada, aunque cuando la respuesta fue verbal, los pacientes nombraron mayormente la cara vista por el hemisferio izquierdo.

En algunos casos en que el paciente señala la cara vista con el hemisferio izquierdo, es debido a que la identificación se hizo a partir de una característica específica de la cara (Sperry, R., 1974).

Resultados similares se observan utilizando las vías somestésicas. En este caso, los objetos colocados en la mano derecha pueden ser reconocidos y nombrados, mientras que al colocarlos en la mano izquierda estos no pueden ser nombrados. La comprobación de que, efectivamente los objetos si son reconocidos cuando son colocados en la mano izquierda, se basa en el hecho de que los pacientes pueden volverlos a identificar cuando se encuentran junto a otros objetos, utilizando la misma mano, ya que cuando utilizan la mano derecha no logran hacerlo, aunque, en este caso, cada uno de los objetos pueda ser nombrado (Sperry, R., 1968).

También se han analizado estas asimetrías utilizando técnicas multimodales, por ejemplo, si se presenta al hemisferio derecho el dibujo de un objeto y posteriormente se le pide que lo identifique de entre otros, utilizando solamente la mano izquierda, el paciente puede desarrollar muy bien la tarea (Sperry, R., y col., 1969).

En cuanto al cálculo matemático, se ha observado que el hemisferio derecho tiene una capacidad muy limitada para realizar esta tarea, solamente puede sumar números menores de 10 y no puede hacer operaciones de división y multiplicación, aún cuando estas sean muy simples; esto se ha probado restringiendo la entrada sensorial al hemisferio derecho de las operaciones a realizar (Sperry, R., y col., 1969).

Estudios posteriores han postulado la idea de que el hemisferio derecho posee ciertas capacidades lingüísticas; esta idea surgió a partir de unos experimentos en los que se observó que los sujetos eran capaces de asir con la mano izquierda, objetos que les eran solicitados verbalmente. El

tipo de palabras que puede entender el hemisferio derecho -- son: pirámide, cilindro, linterna, cuadrado, etc.

También podía ser recuperado el objeto cuando, en lugar de ser nombrado directamente, se describía su uso, por ejemplo, "es un contenedor de líquidos", para definir un vaso, o "es un instrumento de medida", para describir una regla. En resumen, como el reconocimiento táctil de la mano izquierda es una función del hemisferio derecho, se concluye que las instrucciones verbales deben ser oídas y entendidas por el mismo hemisferio (Sperry, R. y col., 1969).

Sin embargo, esta idea está sujeta a muchas discusiones, por ejemplo, M. Gazzaniga (1983), afirma que el hemisferio derecho no posee capacidades lingüísticas y, en los casos en los que estas se han demostrado, es debido a que los pacientes tuvieron un daño temprano en las áreas del hemisferio izquierdo encargadas de esta función, lo cual produjo -- una reorganización y bilateralización de las funciones lingüísticas.

Esta idea ha sido también probada para la comprensión de palabras escritas por el hemisferio derecho. En este caso, la palabra es presentada al campo visual izquierdo, o hemisferio derecho, y se le pide al sujeto que localice el objeto nombrado por esa palabra, utilizando la mano izquierda, observándose que los pacientes ejecutan con certeza la tarea (Sperry, R., y col., 1969; Levy, J., y col., 1971).

Este hecho se relaciona con la descripción de los pacientes que presentan una destrucción completa de los centros del lenguaje del hemisferio izquierdo y que, a pesar de esto, pueden cantar, jurar y pronunciar palabras o frases familiares.

Un aspecto interesante observado en estos pacientes es que exhiben una marcada y persistente dificultad con la memoria de corto plazo, independientemente del tipo de material presentado, por ejemplo, olvidan donde estacionaron el auto, un número de teléfono recién dictado y repiten la misma anécdota muchas veces a la misma audiencia. Por el contrario, la memoria de largo plazo permanece intacta y se pueden recordar hechos de la niñez. La conclusión inicial es que las comisuras cerebrales participan en funciones de memoria, sin estar clara la forma en la que lo hacen, aunque existen diversas posibilidades, por ejemplo, quizá el engrama o partes de él se almacenan en el hemisferio derecho y, al ser inaccesibles al hemisferio izquierdo, no pueden ser nombradas, aunque se ha observado que aún el material verbal no puede ser recordado, por lo que se sugiere que las comisuras participan en la codificación o establecimiento de la memoria de largo plazo, señalándose que la no alteración de la memoria de largo plazo se debe a que la verbalización repetitiva del material hace que el engrama se presente principalmente en el hemisferio izquierdo (Zaidel, D., y Sperry, R., 1974).

La ejecución de tareas geométricas también ha sido objeto de investigación con respecto al procesamiento diferencial entre los hemisferios. L. Franco y R. Sperry (1977), le presentaban al sujeto cinco figuras geométricas que podían inspeccionar con visión libre y, detrás de una pantalla que impedía ver al sujeto, se encontraban otras tres figuras que el sujeto podía manipular con una sola mano. La tarea de los sujetos consistió en examinar visualmente el modelo con las cinco formas geométricas y, posteriormente, explorar con una mano las tres formas que estaban del otro lado de la pantalla y seleccionar la que más se pareciera a los modelos presentados. Los resultados demuestran que las estructuras espaciales son mejor procesadas en el hemisferio derecho, ya que, al utilizar la mano izquierda, los sujetos presentaban casi el 80% de respuestas correctas, mientras que al utilizar la mano derecha o hemisferio izquierdo, el porcentaje promedio estaba cercano al 50%. En resumen, parece ser que el hemisferio derecho está especialmente capacitado para la aprehensión de las formas geométricas y del espacio y, posteriormente, estas formas son susceptibles de ser verbalizadas, postulándose que, durante el procesamiento de problemas geométricos, existe una interacción activa entre los dos hemisferios (Franco, L., y Sperry, R., 1977).

Hay que hacer notar que en varios de los experimentos citados se han utilizado sujetos que no presentan un aislamiento total entre sus hemisferios, en ocasiones se mantiene alguna de las comisuras o la amplitud de la sección del cuerpo calloso no es total, encontrándose que el fenómeno de transferencia no es del tipo "todo o nada", sino que influye en función del número de fibras interhemisféricas que han sido interrumpidas.

Una de las conclusiones que podría surgir a partir de estos estudios es que los hemisferios cerebrales procesan diferentes tipos de información, y que este procesamiento se puede realizar en forma simultánea en ambos, aunque pudiera ser que, al alterarse el sistema funcional, se alteraran también sus interacciones.

Habría que ser cuidadosos al pensar que los sujetos normales poseen también una lateralidad de funciones, aunque existen datos que apoyan la idea, los cuales revisaremos en el siguiente inciso.

4. Estudios Experimentales

Con el fin de determinar la existencia de asimetrías funcionales interhemisféricas en sujetos normales, se han diseñado una serie de técnicas que aprovechan el hecho de que los sistemas sensoriales están organizados en forma cruzada, de manera que cada hemisferio cerebral recibe información --

predominantemente de la mitad opuesta del cuerpo, o del espacio.

Así tenemos que, en el sistema visual, la mitad derecha del campo visual se proyecta sobre las mitades izquierdas de cada ojo, las que a su vez envían la información al hemisferio izquierdo, por otra parte, el campo visual izquierdo se proyecta sobre las mitades derechas de cada ojo y esta información llega, en primera instancia, exclusivamente al hemisferio derecho.

Para el caso del sistema auditivo, se observa que la entrada de información auditiva desde cada oreja alcanza a ambos hemisferios, sin embargo, se considera que las conexiones cruzadas son ligeramente más fuertes que las no cruzadas, debido a que poseen mayor cantidad de fibras. De este modo, la llegada de estímulos auditivos al oído derecho alcanzará "principalmente" al hemisferio izquierdo, mientras que los estímulos que sean recibidos por el oído izquierdo llegarán "predominantemente" al hemisferio derecho.

En el sistema somestésico también se presenta un entrecruzamiento importante de la información, ya que las dos vías principales que conducen la información somestésica desde la médula espinal a la corteza cerebral, presentan entrecruzamientos; estas vías son el lemnisco medio y el sistema espinotalámico. En este sistema, al igual que en el auditivo, existen vías ipsilaterales que se consideran menos fuertes.

El objetivo de las técnicas que serán brevemente revisadas, es el de presentar distinto tipo de información a cada lado del cuerpo y ver como ocurre el procesamiento en esta condición de interacción de estímulos. Para el caso de la estimulación auditiva, la técnica se denomina escucha dicótica, en el caso de la estimulación visual se denomina taquiscóptica y, para la somatosensorial, estimulación dicáptica.

a) Presentación Dicótica

Mediante esta técnica se le presenta al sujeto, en forma simultánea, distintos estímulos a cada oreja, a través de audífonos y, posteriormente, se le interroga sobre lo que escuchó; los parámetros de estimulación para cada oído pueden ser iguales o variar en alguna característica.

Esta técnica fue desarrollada por D. Kimura (1961), quien la utilizó inicialmente en pacientes a los que se les había seccionado unilateralmente la parte anterior del lóbulo temporal, encontrando que cometían más errores al tratar de identificar los sonidos presentados al oído contralateral al hemisferio lesionado.

Un hecho relevante fue, que la mayoría de los pacientes

reportaban mejor las palabras que habían sido presentadas al oído derecho (hemisferio izquierdo), de aquellas presentadas al oído izquierdo, independientemente de la parte del cerebro que hubiese estado dañada (Kimura, D., 1973). Este hecho lo interpreta la autora como el resultado de que el hemisferio izquierdo contiene el sistema neural para la percepción del lenguaje. Esto fue apoyado por los datos encontrados en pacientes que tenían el lenguaje representado en el hemisferio derecho y en quienes se observó que reportaban mejor las palabras presentadas al oído izquierdo.

Por su parte, D. Shankweiler y M. Studdert-Kennedy (1975), encontraron superioridad del oído derecho en la identificación de sílabas simples formadas por una consonante y una vocal, pero no para el reconocimiento de vocales aisladas que son igualmente identificadas independientemente del oído al que se presenten.

D. Kimura (1973), encontró que el oído derecho también mostraba superioridad en el reconocimiento de sílabas y sonidos sin sentido, como por ejemplo, escuchar un lenguaje desconocido, oír una cinta tocada en sentido inverso, y aún a diferentes sonidos vocales no lingüísticos, como toser, reír o llorar. Por lo cual concluye que el hemisferio izquierdo está especializado para percibir ciertos tipos de sonidos generados por las cuerdas vocales de los humanos.

Por otra parte, D. Kimura (1961) aportó pruebas que apoyaban la idea de que el hemisferio derecho está especializado en el procesamiento de melodías. Ella presentó distintos patrones melódicos a cada oído y encontró que los sujetos reportaban mejor el que había sido presentado al oído izquierdo. H. Gordon (1970), no pudo replicar los experimentos anteriores, pero encontró, en una tarea de identificación de acordes, una ventaja para los estímulos presentados al hemisferio izquierdo.

Un dato similar es el que reporta D. Piazza (1980), --- acerca de una mejor discriminación de sonidos ambientales y melodías cuando eran presentadas al oído derecho.

Por otra parte, la técnica de escucha dicótica ha sido objeto de diversas críticas, algunos autores consideran que esta técnica no es adecuada para medir asimetrías interhemisféricas en sujetos normales, a pesar de ser ampliamente utilizada. Por ejemplo, E. Lee (en prensa), afirma que las entradas auditivas a los hemisferios cerebrales son similares, independientemente de que oído sea el que reciba la información, y aún durante la estimulación simultánea; minimizando así la idea tradicional que sostiene que la vía ipsilateral se bloquea al presentar estímulos en forma dicótica, prevaleciendo entonces las vías contralaterales. El argumento en contra es que existe una vía indirecta, a través del cuerpo calloso que ha sido ignorada, y por la cual prácticamente no existe pérdida ni retraso en la recepción de información. -

Esto origina que las supuestas asimetrías en la entrada sean casi nulas.

Otra de las críticas de la autora, se refiere a la gran variabilidad interindividual encontrada, así como también a la falta de estabilidad de las respuestas dentro de un mismo sujeto, ya que estas cambian de una sesión a otra, y aún dentro de la misma sesión de pruebas, lo cual repercute en el valor predictivo de estas.

M. Bryden (1982), por su parte, revisa una serie de factores que influyen en la dirección o magnitud de los efectos observados al presentar el material a uno u otro oído, y que no están necesariamente relacionados con la asimetría cerebral, entre estos podemos citar: el sesgo en el orden del reporte, los sesgos de atención, diferencias perceptuales, diferencias en los trazos de memoria, en el tipo de respuesta del sujeto, etc.

b) Presentación taquistoscópica

La técnica consiste en presentar estímulos visuales, de muy breve duración (100 mseg), a uno u otro lado de una pantalla, mientras el sujeto mantiene la vista fija en un punto central de la misma. De esta forma se puede presentar información a un solo campo visual, haciendo que esta alcance, en principio, al hemisferio contralateral, o se puede presentar, en forma simultánea, distinta información a cada campo visual.

W. Heron (en Bryden, M., 1982), fue de los primeros investigadores que llevaron a cabo estudios sistemáticos utilizando esta técnica, encontrando que, cuando se presentaban unilateralmente letras aisladas o conjuntos de letras, estas eran mejor identificadas si aparecían en el campo visual derecho, en sujetos diestros. Posteriormente, M. Bryden (1965), mostró que esta superioridad del campo visual derecho no se presenta en sujetos zurdos.

W. McKeever y M. Huling (1971), presentaron, en forma simultánea, dos palabras distintas, una a cada hemisferio, encontrando que los sujetos reconocían más las palabras presentadas al campo visual derecho. Los autores explican sus resultados, señalando que pueden deberse a que la información que es recibida por el hemisferio derecho, tiene que pasar después al hemisferio izquierdo para que se produzca la respuesta verbal, implicando esto un retardo en la transmisión y una pérdida de fidelidad de la señal.

Mediante esta técnica, también se han podido evaluar funciones atribuidas al hemisferio derecho. Por ejemplo, G. Geffen y col., (1971), encontraron que las tareas que implicaban el reconocimiento de rostros, eran mejor ejecutadas cuando estos estímulos se proyectaban al campo visual iz-

quierdo, mientras que los estímulos que requerían de una codificación verbal, eran procesados más rápidamente cuando -- eran presentados al campo visual derecho. Esta relación ha sido posteriormente ampliada por diversos autores, describiéndose que el hemisferio derecho muestra mayor habilidad -- para la detección de los estados emotivos que proyectan los rostros (Sackeim, H., y col., 1978) y que, en el caso en el que se tengan que describir detalles de las mismas, se muestra superioridad del hemisferio izquierdo (Klein, D., y --- col., 1976).

G. Cohen (1972), realizó un experimento en el que se -- presentaban pares de letras a un solo campo visual, siendo -- la tarea del sujeto igualar estos pares de acuerdo a su identidad física (A-A) o de acuerdo al nombre de la letra (A-a), encontrando que los sujetos diestros ejecutaban mejor la tarea de identidad física cuando los pares de letras se presentaban al campo visual izquierdo, mientras que, la tarea de -- identidad por nombre, se realizó más acertadamente cuando -- los estímulos se proyectaron al campo visual derecho. Esto mismo lo probaron en un grupo de sujetos zurdos, encontrando menor consistencia en los datos, aunque con una tendencia a mostrar el patrón opuesto.

Estos trabajos apoyan la idea de las dicotomías verbal/espacial y analítico/holística, sin embargo, la técnica también posee distintos puntos de controversia, entre los que -- destacan: la falta de control sobre la estrategia de solución del sujeto, el orden en el que se pida la respuesta (en el caso de presentaciones bilaterales), el tipo de punto de fijación utilizado, la forma de presentación de los estímulos lingüísticos (vertical-horizontal), el número de estímulos utilizados, etc.

c) Presentación dicáptica

Esta técnica ha sido poco utilizada debido a que es menos rica en posibilidades de variación y más difícil de ser implementada con controles adecuados, además, las vías sensoriales somestésicas son más complejas y, en ocasiones, existen representaciones bilaterales en los hemisferios cerebrales de algunas partes del cuerpo.

Uno de los trabajos realizados en esta área fue el reportado por S. Witelson (1974), quien le presentó a sus sujetos letras formadas por un bloque de madera; los sujetos debían manipular las letras, sin observarlas, una con cada mano, durante dos segundos, después de los cuales se le presentaba otro par de letras durante el mismo tiempo y, posteriormente, se le pedía que indicara cuales eran las letras que -- se le presentaron, encontrándose una ligera ventaja en la -- identificación de las letras manipuladas con la mano dere-

cha.

En otra parte del experimento, los sujetos debían manipular un solo par de formas sin sentido, durante 10 segundos, y después tenían que identificar y señalar, dentro de un conjunto de bloques, cuales formas habían sido manipuladas, evitándose con esto una respuesta verbal, encontrando que, en este caso, la identificación de las formas manipuladas con la mano izquierda, era significativamente superior a las que fueron manipuladas con la mano derecha (en Bryden, M., - 1982). J. Cranney y R. Ashton (1980), no pudieron replicar estos experimentos, encontrando que, para cualquier tarea, existía una superioridad de la mano derecha.

En otro estudio, M. Oscar-Berman y col., (1978), dibujaban figuras sobre la palma de las manos de sus sujetos, en forma simultánea en ambas manos, controlando el reporte del sujeto, es decir, este debía reportar primero la figura dibujada en una de las manos y después la que le fue dibujada en la otra, alternando el experimentador el orden del reporte, encontrando que las letras eran mejor reportadas cuando eran presentadas a la mano derecha, mientras que la orientación de líneas lo fue para la mano izquierda.

I. Nachshon y A. Carmon (1975), tratando de probar la hipótesis de que el hemisferio izquierdo es superior para el procesamiento de información secuencial, mientras que el derecho lo es para aspectos espaciales, sometieron a sus sujetos a varias pruebas. Primero, en la tarea secuencial, los sujetos colocaban los dedos índice, medio y anular, de cada mano, sobre 3 punzones de metal a través de los cuales se presentaba una secuencia de tres estímulos, con un intervalo de 500 mseg. entre ellos; el sujeto debía responder presionando tres interruptores con los mismos dedos, siguiendo la misma secuencia. Encontrándose que, con presentaciones unimanuales, no aparecían patrones de lateralización, sin embargo, con presentaciones bimanuales, los sujetos realizaban más errores con la mano izquierda.

En la tarea espacial, a uno de los dedos se le aplicaba un estímulo, a otro dos y el tercero no recibía estimulación, la respuesta del sujeto consistió en presionar los interruptores el número de veces correspondiente con cada dedo. Nuevamente no se encontraron diferencias con presentaciones unimanuales, pero con estimulación bimanual se presentaron más errores con la mano derecha.

La técnica de presentación dicáptica presenta algunas dificultades, en primer lugar, los tiempos de presentación son, en general, más prolongados que los usados con las otras técnicas, lo cual facilita que los sujetos puedan distribuir su atención hacia los estímulos presentados. Otras variables que pueden contaminar los efectos buscados son: la colocación de las manos del sujeto al inicio, la cantidad de movimiento de las mano al manipular los objetos presentados

(generalmente mayor para la mano dominante), las estrategias adoptadas, el orden en el que responde el sujeto, etc.

5. Valoración Fisiológica de las Asimetrías

a) Flujo Sanguíneo Cerebral.

Una forma indirecta de valorar el grado de activación de los hemisferios cerebrales, ha sido a través de la medición del flujo sanguíneo cerebral, postulándose que, un incremento en el grado de activación de un área cortical específica o de la tasa metabólica de esa área, requiere de un incremento en el flujo sanguíneo a la zona, para proveer una mayor cantidad de oxígeno y glucosa.

Diversas técnicas se han utilizado para la medición del flujo sanguíneo cerebral en el hombre, estas consisten, básicamente, en la aplicación de moléculas marcadas radioactivamente (a través de gases que son inhalados o de inyecciones en las arterias cerebrales) que, al reaccionar en el tejido nervioso, producen una acumulación del marcador que puede posteriormente ser medido a través de autoradiografía, de tomografía o de monitores especializados. De esta forma, el grado de acumulación de los isótopos marcados es un índice para valorar el grado de activación de la zona (Stump, D., y Williams, R., 1980).

Así, se ha reportado que durante el sueño REM, el flujo sanguíneo cerebral está aumentado con respecto al que se presenta durante el sueño lento, lo cual se relaciona con el hecho de que la actividad neuronal se incrementa durante esa fase (Drem, J., y Keeling, J., 1980).

A. Carmon y col., (1975), encontraron que existía un aumento en el flujo sanguíneo cerebral en el hemisferio izquierdo cuando los sujetos escuchaban material verbal, mientras que en el hemisferio derecho se presentaba un aumento en el flujo cuando los sujetos escuchaban música.

En otro estudio, R. Gur y M. Reivich (1980), encuentran que existe un incremento significativo en el flujo cerebral en el hemisferio izquierdo, relativo al que ocurre en el derecho, durante la ejecución de una prueba verbal, comparando con las diferencias que existen en el flujo en condiciones de reposo. Además, encontraron una correlación positiva significativa entre el incremento en el flujo sanguíneo al hemisferio derecho y el nivel de ejecución de la tarea.

Por su parte, N. Lassen y col., (1981), reportan la localización de zonas específicas que aumentan selectivamente el flujo cerebral como consecuencia de la ejecución de tareas en las que dicha zona está implicada, por ejemplo, cuando un individuo oye unas palabras, se observa un aumento en

el flujo cerebral en la corteza auditiva primaria, localizada en el lóbulo temporal, y en el área de Wernicke, que participa en la comprensión de los estímulos lingüísticos.

El uso de esta técnica se enfrenta con diversos problemas, uno de ellos se refiere al rango de población en que puede ser utilizada ya que, por cuestiones éticas, sólo es posible llevarla a cabo en pacientes en que esté indicada la valoración del flujo cerebral, excluyéndose de esta forma a sujetos normales. Otro de los problemas se refiere al establecimiento de una condición control y a la interpretación de las diferencias encontradas durante la ejecución; generalmente se establece el periodo de línea base pidiéndole al sujeto que cierre los ojos, que se relaje y que trate de "no pensar en nada en particular". Dada la ambigüedad de las instrucciones, no es raro encontrar que, bajo estas condiciones, existen diferencias en los niveles de activación de las zonas, encontrándose generalmente mayor flujo en el hemisferio derecho y en zonas anteriores del cerebro.

Una complicación más se refiere a la falta de resolución temporal de los eventos, debido a que debe de transcurrir un lapso de tiempo relativamente grande entre la ejecución de la tarea, la acumulación del marcador en el tejido y el tiempo de captura y análisis de la señal, lo cual dificulta el entendimiento de procesos que ocurren en lapsos muy cortos.

b) Actividad Eléctrica Cerebral

El registro de la actividad eléctrica cerebral (EEG) es una técnica que permite visualizar los cambios de voltaje generados por la interacción de diversos grupos neuronales dentro del cerebro.

El primer reporte acerca del uso de esta técnica, es atribuido a R. Caton, en 1875, quien hizo registros de la actividad cerebral en conejos. Posteriormente, en 1929, H. Berger realizó el primer registro extracraneal en sujetos humanos, haciendo una clasificación de la actividad eléctrica observada, de acuerdo a la frecuencia y amplitud de las oscilaciones presentes, y de su relación con distintos estados conductuales.

Pero no fue sino hasta 1934, con los estudios de E. Adrian y B. Matthews, que esta técnica fue aceptada y, a partir de entonces, ha sido ampliamente utilizada en distintas áreas de investigación.

La actividad eléctrica cerebral puede verse modificada por diversos factores como son: el estado de alerta del sujeto, la condición de ojos abiertos o cerrados, la realización de tareas que involucran la activación diferencial de distintas áreas del cerebro, etc., de ahí que esta sea una herra-

mienta importante para valorar las asimetrías funcionales entre los hemisferios cerebrales.

El EEG se ha clasificado en distintos ritmos, de acuerdo a la frecuencia de las oscilaciones, de su amplitud y del estado conductual en que aparecen, siendo los más importantes los siguientes:

Ritmo Alfa.- Fue descrito por H. Berger, y se refiere al tipo de actividad cerebral que tiene una frecuencia entre 8 y 12 Hz., con amplitud variable y que es más frecuente registrarlo en zonas posteriores, en la condición de ojos cerrados. Este tipo de actividad puede bloquearse por distintas razones, entre las que destacan: la condición de ojos abiertos, el prestar atención a un evento, la realización de tareas, etc. Debido a esto último es que la ausencia de este ritmo, ha sido utilizada como un indicador del grado de activación cortical en los estudios que pretenden evaluar el grado de asimetría hemisférica.

Ritmo Beta.- También fue descrito por H. Berger e incluye a las oscilaciones rápidas (13 - 30 Hz.), de baja amplitud que se observan generalmente durante periodos de alerta durante la vigilia y mientras se realizan tareas que requieran el procesamiento de información. En general, este ritmo aparece cuando ocurre el bloqueo del ritmo alfa.

Ritmo Delta.- Tiene una frecuencia entre .5 y 3.5 Hz., presentándose ondas de gran amplitud que están asociadas con las fases III y IV de sueño, siendo además muy común encontrarlo durante la infancia. Su presencia tiende a ir disminuyendo conforme va madurando el sistema nervioso-central, aunque se vuelve a presentar en una gran proporción durante la vejez. Cuando esta actividad se presenta en forma importante en sujetos adultos, en estado de vigilia, representa un síntoma de daño orgánico, aunque utilizando técnicas más precisas de análisis de frecuencias, se ha podido detectar la presencia de este ritmo en adultos sanos en estado de vigilia, especialmente en derivaciones fronto-temporales (Harmoney, T., 1984a; Matousek, M., y Petersen, I., 1973; John, R., 1977).

Ritmo Theta.- Este ritmo fue descrito en 1944, por G. Walter y V. Dovey, y se caracteriza por presentar una frecuencia entre 4 y 8 Hz., mostrando también una gran amplitud. Es común observarlo en el hipocampo y guarda una estrecha relación con el ritmo alfa presente en la corteza, de modo que, el bloqueo de este último, se acompaña con la aparición de ondas theta en el hipocampo. Se puede observar bajo distintos estados conductuales, así por ejemplo, G. Walter relacionó su aparición con estados de frustración, aunque también se ha asociado con la presencia de estados emotivos intensos, con la actividad intelectual imaginativa y perceptual, y es común observarlo en las fases III y IV de sueño.

Una forma de analizar el EEG de acuerdo a sus frecuen-

cias, es a través de un algoritmo conocido como la Transformada de Fourier, que permite descomponer una señal compleja, como lo es el EEG, en las frecuencias que lo forman, especificando el grado de contribución de cada una de ellas, empezando por la frecuencia fundamental, que es aquella que tiene un periodo igual al segmento de señal que se desea evaluar, continuando con los armónicos o múltiplos de esta frecuencia fundamental. Así, por ejemplo, si se tiene una señal que dura 1 seg., su frecuencia fundamental será de 1 Hz., y los armónicos serán de 2, 3, 4... Hz., (Matousek, M., 1973; Harmony, T., 1984a).

La actividad eléctrica cerebral puede ser clasificada de manera arbitraria como potenciales relacionados a eventos (PREs) y actividad espontánea.

Los PREs son procesos electrofisiológicos que están temporalmente relacionados a eventos sensoriales y cognitivos, mientras que la llamada actividad espontánea, aunque también esta relacionada con el grado de estimulación ambiental, no es posible relacionarla temporalmente con un estímulo en particular.

El supuesto básico del registro de los PREs es que "como resultado del evento, un grupo de neuronas funcionalmente relacionadas con el mismo, exhiben una organización espacio-temporal particular, esto es, patrones de coherencia o eventos sinápticos coordinados ocurren en distintas partes del cerebro en una secuencia temporal determinada por conexiones anatómicas, tiempos de transmisión y parámetros similares de un grupo neuronal" (Harmony, T., 1984b).

Las respuestas corticales que ocurren ante la presentación de un estímulo, usualmente tienen una amplitud menor que la actividad electrofisiológica de fondo y, por lo tanto, pueden verse oscurecidas por ella. Con el fin de extraer la señal producida por el estímulo, del ruido o actividad de fondo, se producen respuestas individuales en forma repetida y se promedian, reduciendo de este modo la aparición de componentes del EEG espontáneo que no están relacionados con el estímulo, y resaltando los rasgos de las respuestas que sí se ajustan a él.

En resumen, el término potencial relacionado a un evento, se utiliza en forma arbitraria para denotar el promedio de respuestas individuales ante la presencia de un estímulo, cuya aparición temporal es controlada por el investigador. Este estímulo puede involucrar a distintas modalidades sensoriales, siendo las más utilizadas la visión, la audición y la somestesia.

Actividad eléctrica espontánea. - El objetivo central de la mayoría de los trabajos que se describirán a continuación, es determinar los cambios en los niveles de activación como consecuencia de la ejecución de tareas que involucran -

de manera diferente a las áreas corticales. Uno de estos -- campos comprende el área de la especialización hemisférica, en el cual se ha encontrado un aumento en los niveles de activación del hemisferio izquierdo cuando el sujeto está realizando funciones atribuidas a este hemisferio, como pueden ser las tareas relacionadas con aspectos del lenguaje o del cálculo y, por otra parte, encontrar un aumento en la activación del hemisferio derecho cuando el sujeto realiza actividades no lingüísticas, como pueden ser las tareas de orientación espacial o de discriminación musical.

Así, D. Galin y R. Ornstein (1972), registraron la actividad cerebral en zonas temporales y parietales mientras los sujetos realizaban tareas verbales y espaciales, con y sin respuesta motora, encontrando una mayor activación en el hemisferio izquierdo durante la ejecución de tareas verbales, en ambas zonas. Mientras que, en la tarea espacial, las derivaciones derechas muestran más desincronización y menor -- voltaje que las izquierdas.

J. Doyle y col., (1974), realizaron una ampliación del trabajo de Galin y Ornstein, analizando las asimetrías hemisféricas de acuerdo a las distintas bandas del EEG, registrando en las mismas zonas (T3, T4, P3 y P4), encontrando que la relación derecho/izquierdo¹ fue significativamente mayor en tareas verbales y aritméticas, comparado con el que se obtuvo en tareas espaciales, principalmente en la banda de alfa, lo cual indica que en el hemisferio izquierdo hubo un bloqueo del ritmo alfa, que es interpretado como un aumento en el nivel de actividad.

S. Butler y A. Glass (1973), registraron la actividad cerebral de áreas posteriores y centrales del cerebro, a sujetos diestros y zurdos mientras realizaban una tarea aritmética, encontrando que esta producía una supresión del ritmo alfa en el hemisferio izquierdo de los sujetos diestros, --- mientras que los sujetos zurdos no mostraron asimetrías consistentes. Resultados similares son los que reportan F. Denoth y col., (1981), quienes encuentran, en zonas frontales y temporales, una potencia menor en el hemisferio izquierdo durante la ejecución de una tarea aritmética, en todas las --

1

Este es un método utilizado para valorar el grado de asimetría interhemisférica. La relación derecholzquierdo se calcula mediante la fórmula:

$$\text{Asimetría Interhemisférica} = \frac{\text{H. Izquierdo} - \text{H. Derecho}}{\text{H. Derecho} + \text{H. Izquierdo}}$$

Un valor negativo indica una mayor amplitud en el hemisferio derecho mientras que un valor positivo indica una mayor amplitud en el hemisferio izquierdo. Un análisis análogo se puede derivar de comparaciones intrahemisféricas (Thatcher, R., y Cantor, D., 1983).

bandas que forman el EEG, mientras que, con la ejecución de una prueba visual, la disminución de potencia se observó en el hemisferio derecho.

Utilizando también un análisis por bandas, G. Dolce y H. Waldeier (1974), registraron a 10 adultos en el área precentral y central del hemisferio izquierdo, así como en el giro angular y en el lóbulo occipital de ambos hemisferios, durante distintos estados conductuales: ojos abiertos y cerrados en estado de reposo, realizando tareas aritméticas no manuales, y leyendo en silencio, encontrando que la cantidad de Alfa se decrementaba durante la condición de ojos abiertos y que este decremento se acentuaba aún más durante la realización de tareas, mientras que, en la condición de ojos cerrados, ocurrió un aumento en la potencia de esta banda; estos efectos se presentaron en todas las zonas de registro y no se reportaron diferencias entre las tareas para esta banda. El ritmo Beta mostró un mayor incremento en la condición de lectura en ambas zonas parietales, mientras que con la ejecución de operaciones aritméticas, este aumento no se presentó; observándose, además, un incremento en el porcentaje de Theta durante la lectura y un incremento en Delta durante la tarea aritmética, sin reportarse diferencias interhemisféricas.

Las asimetrías en la activación hemisférica pueden verse facilitadas u oscurecidas por el grado de dificultad de la tarea, de acuerdo a distintas características individuales. D. Galin y col., (1978), señalan que cuando una tarea espacial se hace más difícil, algunos sujetos utilizan una estrategia verbal para resolver el problema, produciéndose entonces un aumento en el grado de activación del hemisferio izquierdo, decrementándose o invirtiéndose así la asimetría electroencefalográfica; otros sujetos, ante la misma situación, pueden forzar la activación del hemisferio derecho, mientras que otra posibilidad es que, sin aumentar el grado de activación del hemisferio derecho, se inhibiera aún más al hemisferio izquierdo para reducir la interferencia, produciéndose así un aumento en la asimetría.

Tratando de probar esta hipótesis, D. Galin y col., (1978), aplicaron a sus sujetos una tarea de diseño con bloques, con diferentes grados de dificultad, mientras registraban en regiones centrales (C3 y C4) y parietales (P3 y P4), encontrando que, con las tareas más difíciles, el efecto más común fue un aumento en la potencia en la banda de Alfa en el hemisferio derecho, lo cual apoya en mayor grado la hipótesis de la utilización de una estrategia verbal para la solución de tareas complejas, implicando así un aumento en la activación del hemisferio izquierdo. En algunos sujetos se

observó un incremento en la potencia de Alfa en ambos hemisferios.

Una de las explicaciones dadas por los autores sostiene que una tarea más difícil lentifica la ejecución, originando que el sujeto tome un menor número de decisiones por unidad de tiempo, aunque no encontraron una correlación significativa entre el tiempo empleado para completar la tarea y la relación derecho/izquierdo.

Este hecho ha llevado a algunos autores a cuestionar el uso de la asimetría en la actividad eléctrica cerebral, como una medida de la especialización funcional, ya que si las relaciones de potencia cambian dentro de los individuos en función de la dificultad de la tarea, entonces las diferencias entre los individuos en una tarea pueden no dar una medida "pura" de asimetría cerebral, sino que puede estar contaminada por el grado de dificultad de la tarea para el sujeto particular (Bryden, M., 1982).

Otros autores proponen que las asimetrías observadas en el EEG se deben a la presencia de componentes motores que están presentes en las tareas empleadas y que no son controlados adecuadamente. A. Gevins y col., (1979a,b), realizaron una serie de investigaciones en las que registraban la actividad eléctrica cerebral durante la ejecución de distintas tareas utilizadas comúnmente en los estudios de asimetrías, durante dos condiciones, una en las que los sujetos no tenían restricción de los movimientos de las extremidades y de los ojos, y otra en la que estos se trataron de reducir al mínimo, encontrando que, en la condición de libre movimiento, se presentaron patrones electroencefalográficos específicos a la tarea, mientras que, en la condición de restricción del movimiento, estos patrones no aparecieron, concluyendo que las asimetrías observadas eran debidas a factores motores relacionados con la ejecución más que a las diferencias en los estilos cognitivos asociados a los hemisferios cerebrales.

Uno de los principales problemas que se observan en los estudios antes descritos es la carencia de una situación control, en la que se valore el grado de asimetría hemisférica en un estado de reposo y que permita valorar si en verdad la asimetría se presenta como consecuencia de una mayor activación de uno de los hemisferios producida por la realización de una tarea que lo involucre en mayor medida.

S. Butler y A. Glass (1974), tratando de abordar este problema registraron zonas centrales, parietales y occipitales, de ambos hemisferios, manteniendo a los sujetos en varias condiciones: ojos cerrados y ojos abiertos en estado de reposo, y mientras realizaban mentalmente operaciones aritméticas, encontrando que, para todas las condiciones, existía una asimetría hemisférica en la amplitud del espectro total, siendo mayor en el hemisferio derecho para los sujetos dies-

tros, invirtiéndose el patrón en los sujetos zurdos. En cambio, no hubo alteraciones significativas en la asimetría entre diferentes condiciones experimentales para la banda total. Por otra parte, no existieron diferencias interhemisféricas en la amplitud del ritmo alfa en estado de reposo, en ambas condiciones (ojos cerrados y abiertos), pero durante la ejecución de tareas aritméticas, hubo una mayor supresión del ritmo Alfa en el hemisferio izquierdo en sujetos diestros, no existiendo diferencias en la supresión del ritmo Alfa en los individuos zurdos.

En algunos casos no se han encontrado evidencias a favor de la localización de diferentes funciones cognitivas en los hemisferios cerebrales, empleando el registro de la actividad eléctrica cerebral espontánea (Gevins, A., y col., --- 1979c).

Un método de análisis que se ha desarrollado recientemente es el espectro de coherencia, el cual ha sido empleado para valorar las relaciones funcionales que existen entre -- distintas áreas cerebrales en función de los componentes de frecuencia que forman el electroencefalograma. Mediante este método, se calculan los valores de correlación entre señales electroencefalográficas registradas en dos áreas del cerebro, realizando este cálculo para cada una de las frecuencias que lo componen. De este modo, los valores de correlación obtenidos son un indicador que nos permite valorar el -- grado de simetría que existe entre esas áreas, así si una zona del cerebro se encuentra involucrada en el procesamiento de un tipo específico de información, mientras la otra lo hace en menor grado, los valores de correlación obtenidos serán bajos (Shaw, J., 1981).

G. Dummermuth y D. Lehmann (1981), valoraron las relaciones interhemisféricas que ocurren durante las fases de -- sueño, encontrando que los valores de coherencia aumentan durante el sueño, comparados con la coherencia que se observa en el periodo de vigilia, mientras que las comparaciones entre las fases de sueño revelaron que la máxima coherencia -- ocurre en los periodos de sueño REM, lo cual es interpretado por los autores como el producto de una facilitación en la -- transferencia de información entre los hemisferios cerebrales, lo cual posibilita el almacenamiento verbal de los sueños, y con esto, un mejor recuerdo de las ensoñaciones que -- ocurren durante esta etapa.

Existen grandes diferencias metodológicas entre los estudios anteriormente reportados, estas diferencias comprenden: el número de sujetos utilizados, los tipos de tareas empleadas, la colocación de los electrodos, el estado del sujeto en el momento del registro, el tipo de análisis, etc., -- quizá a ello se deba el hecho de que aún no se ha podido -- aclarar la relación entre el tipo de actividad eléctrica cortical y la ejecución de tareas.

Potenciales Relacionados a Eventos. - La aplicación de un estímulo a un sujeto produce en el electroencefalograma, una secuencia de picos positivos y negativos, denominados -- componentes del potencial, que varían en el tiempo de ocurrencia a partir del estímulo (latencia) y en su amplitud. - La forma de la onda cambia de acuerdo a la modalidad sensorial, al tipo de estímulo y a la naturaleza de los procesos perceptuales y cognitivos que estén involucrados en la percepción y codificación del mismo.

A los componentes del potencial que ocurren antes de -- los 80 mseg., se les llama componentes de latencia corta, y representan la actividad producida en la vía sensorial específica. Estos componentes varían en función de los parámetros físicos de los estímulos, siendo independientes del estado psicológico del sujeto y de las demandas de la tarea. - Es debido a este hecho que también se les conoce como componentes exógenos (Hillyard, S., 1985; Hillyard, S., y Kutas, M., 1983).

Por otra parte, existen otros componentes, llamados de latencia larga o endógenos, que están asociados con procesos perceptuales y cognitivos, y que varían de acuerdo al estado del sujeto, el significado del estímulo y las demandas de la tarea, siendo los más conocidos el componente Nd, relacionado con la atención selectiva; la onda N2, que aparece en tareas de discriminación activa de los estímulos, y un componente positivo tardío, conocido como P300, que aparece ante una gran diversidad de situaciones, por ejemplo, ante la presencia de estímulos inesperados, con la ausencia de estímulos esperados, durante la resolución de situaciones de incertidumbre, en la decisión de actos cognitivos, y con el procesamiento de palabras y oraciones (John, E., 1977).

La técnica de los potenciales relacionados a eventos se ha utilizado para evaluar el grado de simetría funcional entre los hemisferios cerebrales como resultado de la ejecución de una tarea que involucre más a uno de ellos.

Sin embargo, como señala T. Harmony (1984b), cuando se utiliza la técnica de PREs para el estudio de la especialización hemisférica, es necesario probar primero si los PREs -- son asimétricos en ausencia de una tarea que pueda inducir -- la activación especializada de un hemisferio, ya que, en caso de que se presenten asimetrías bajo esta situación, estas deben ser tomadas en cuenta cuando se realicen estudios de -- especialización.

La forma en la que se han tratado de probar estas asimetrías, llamadas de bajo orden, ha sido a través de la estimulación con flashes, los cuales no deberían producir asimetrías relacionadas con procesos cognitivos que involucren la activación diferencial de los hemisferios cerebrales.

Así, se ha observado que la amplitud de los componentes del potencial ante flashes, muestran diferencias del orden -

de 40 y 50% entre regiones homólogas de los hemisferios cerebrales, reportándose mayores amplitudes en el hemisferio derecho (Jonkman, H., 1977; Rhodes, L., y col., 1969; Richlin, M., y col., 1971; en Harmony, T., 1984b).

La relación de fase que existe entre los PREs, producidos por flashes, registrados en zonas homólogas de los hemisferios cerebrales, es muy estrecha, encontrándose que el 85% de los sujetos muestra diferencias de latencia de 5 mseg., o menos, observándose así correlaciones interhemisféricas muy altas, que van de .88, en el polo occipital, a .99 en zonas centrales (Harmony, T., 1984b).

Uno de los métodos de análisis de las señales electroencefalográficas que ha sido empleado recientemente, es la función de coherencia, que cuantifica la asociación entre pares de señales en función de los componentes de frecuencia que contengan (Shaw, J., 1981).

El análisis se hace por separado para diferentes componentes de frecuencia de la señal total, más que para picos específicos del potencial. Es debido a esto que, el primer paso para obtener la función de coherencia es calcular el espectro de potencia de las frecuencias que forman la señal, empleando para ello el Análisis de Fourier.

Cuando las dos señales a comparar son iguales, la relación entre ellas es máxima y se obtiene un valor de coherencia de 1, sin embargo, si las señales difieren debido a que una de ellas provenga de un área que esté involucrada en el procesamiento de información, mientras la otra permanece "quieta", entonces el valor de coherencia disminuye.

A. Davis y J. Wada (1977a,b), realizaron un análisis de frecuencias de PREs obtenidos ante flashes y clicks, encontrando que las frecuencias dominantes estaban en un rango entre 0 y 12 Hz. (el análisis fue realizado en 2 rangos de frecuencia, 0-6 y 6-12 Hz.). Tales componentes fueron muy similares entre los hemisferios y no eran afectados por efectos de la lateralidad de los sujetos.

Dado que la distribución en el rango de 0 a 6 Hz., no fue significativamente diferente entre la respuesta al flash de la que ocurrió ante el click, se sugiere que este componente representa una modalidad no específica.

Al analizar los patrones de coherencia se encuentra que estos son mayores para las comparaciones interhemisféricas que para las intrahemisféricas, y que existen diferencias en la coherencia intrahemisférica (medida entre el área temporal y el área occipital), de acuerdo al tipo de estimulación utilizada, de modo que la coherencia fué mayor en el hemisferio izquierdo para estímulos auditivos, mientras que para el hemisferio derecho la coherencia aumentó con la estimulación visual. Es por esto que se propone que la coherencia puede indicar procesos relacionados con la percepción.

Estos autores han encontrado estas mismas diferencias -

en infantes de menos de 3 meses de edad, también asociadas - al tipo de estimulación aplicada, lo cual apoya la idea de -- que el lenguaje no es la base de formas más fundamentales de especialización hemisférica.

Uno de los problemas que existen al utilizar la función de coherencia en los PREs, es que estos son de muy corta duración, lo cual origina que los estimadores espectrales -- sean altamente variables, tanto dentro de un sujeto como entre sujetos.

Tratando de evaluar el efecto de la localización del estímulo en el campo visual sobre los PREs, J. Andreassi y -- col., (1975), presentaron un estímulo luminoso en distintas localizaciones del campo visual (campo visual derecho, campo visual izquierdo y al centro), y registraron las respuestas en el lóbulo occipital de ambos hemisferios, no encontrando diferencias significativas en la amplitud de los componentes registrados, en ninguna de las condiciones. Sin embargo, -- por lo que respecta a la latencia, se encontró que la presentación del estímulo al campo visual izquierdo, producía latencias más cortas en el hemisferio derecho, mientras que -- cuando se presentaba el estímulo en el campo visual derecho, ocurría lo contrario y, con el estímulo al centro no se producían diferencias.

En otra serie de trabajos, utilizando la modalidad auditiva, se ha encontrado que la estimulación monaural produce latencias más cortas en los componentes registrados en el hemisferio contralateral al oído estimulado, así como amplitudes ligeramente mayores, mientras que la estimulación binaural produce potenciales muy simétricos, tanto en forma como en amplitud, lo cual apoya la idea de la existencia de -- una conexión contralateral más fuerte en la vía auditiva --- (Harmony, T., 1984b).

Los PREs también se han empleado para estudiar las bases neurofisiológicas del lenguaje, con resultados muy inconsistentes, ya que, en algunos casos, se han encontrado respuestas de mayor amplitud y menor latencia en el hemisferio izquierdo ante la presentación de palabras, mientras que lo mismo ocurre en el hemisferio derecho cuando se presentan tonos o sonidos sin sentido. Sin embargo, en otros casos no se ha encontrado asimetría en las respuestas (amplias revisiones de estos trabajos se encuentran en: Hillyard, S., y Woods, D., 1979; Harmony, T., 1984b; y Bryden, M., 1982).

Por otra parte, existen muchos problemas de interpretación sobre el hecho de encontrar una mayor o menor amplitud en los componentes del potencial, así como también acerca -- del significado de una mayor o menor latencia, ante lo cual muchas de las interpretaciones que se producen resultan ambiguas.

CAPITULO IV

TRABAJO EXPERIMENTAL

1. Planteamiento del Problema

El marco teórico en el cual se apoya este trabajo, surge de la confluencia de tres áreas de investigación: el estudio de los ritmos biológicos, el área de especialización hemisférica y la valoración de funciones corticales superiores a través del registro de la actividad eléctrica cerebral.

1) Se ha demostrado que existe una gran variedad de funciones en el organismo que muestran ritmicidad, estas comprenden desde el nivel celular, como la actividad secretora de ciertas hormonas o la reproducción celular, hasta aspectos que comprenden conductas integrales del organismo como son los ritmos reproductores o los ritmos de motilidad.

Sin embargo, son muy pocos los trabajos que intentan valorar la presencia de variaciones rítmicas en funciones cognitivas complejas, como son: la memoria, el aprendizaje, la percepción o la ejecución de tareas atribuidas preferentemente a uno u otro de los hemisferios cerebrales y, en los casos en los que se ha tratado de valorar estas funciones, ha sido con el objetivo de dilucidar principalmente la presencia de ritmicidad circádica, dejando de lado los ritmos conductuales que presentan variaciones rápidas a lo largo del día.

Con respecto a las fluctuaciones que ocurren en la actividad eléctrica cerebral espontánea, en periodos relativamente cortos, el aspecto más estudiado se refiere a la actividad que se presenta en las distintas fases de sueño (REM - NREM), las cuales muestran una alternancia cíclica cuyo periodo es aproximadamente de 90 minutos.

Algunos autores han postulado que estas variaciones periódicas que ocurren durante el sueño, no son exclusivas de esta fase, sino que se pueden presentar aún durante la vigilia, proponiéndose así la existencia de un ritmo básico de reposo-activación que se manifiesta a lo largo del día (Kleitman, N., 1963).

Por otra parte, en muchos de los trabajos reportados

FALLA DE ORIGEN

subsecuencia biológica, tal como únicamente la ritmicidad contrasta a la ritmicidad que ocurre en distintas variables fisiológicas de las que parece depender la primera, sin intentarse evaluar ambas y observar sus posibles relaciones.

Un ejemplo de los pocos casos en los que se ha intentado valorar este tipo de relaciones ha sido entre la ejecución y la temperatura corporal, encontrándose que las variaciones en el nivel de ejecución de diversas tareas aparentemente se han relacionado con el mismo oscilador que controla las fluctuaciones en la temperatura corporal.

Por lo que respecta al área de especialización hemisférica, existe una amplia evidencia clínica y experimental que apoya la idea de que los hemisferios cerebrales, en el hombre, se encuentran especializados en distintas funciones, afirmándose que el hemisferio cerebral izquierdo, el cual coordina el movimiento voluntario del lado derecho del cuerpo, está relativamente especializado en el manejo del lenguaje, de operaciones secuenciales, del cálculo, del pensamiento lógico analítico, etc., mientras que el hemisferio derecho lo está en el manejo de formas espaciales, en la percepción de patrones musicales, en el reconocimiento de rostros, en la orientación espacial, etc.

En un trabajo realizado por R. Klein y R. Armitage (1979), se describe la existencia de un ritmo ultradiano en la ejecución de dos pruebas de pareamiento (una verbal y otra espacial), que parecen depender de una alternancia en el grado de activación cortical de los hemisferios cerebrales. Encontrando que la ejecución de estas tareas presenta fluctuaciones a lo largo del día con periodos de 4 hrs., 96 y 37 minutos y que entre ellas guardan una relación de fase invertida.

3) En otra línea de trabajo, se ha demostrado que es posible relacionar los niveles de activación cortical, medidos a través de registros de la actividad eléctrica cerebral, con diversas funciones cognitivas que involucran en forma diferente a los hemisferios cerebrales. Encontrándose que, en general, el hemisferio involucrado en la tarea muestra una predominancia de actividad rápida de bajo voltaje, no estando clara aún la relación que pueda existir entre las funciones cognitivas con otros parámetros electroencefalográficos.

De ahí, que los objetivos principales de este trabajo hayan sido los siguientes:

a) Investigar la presencia de un ritmo ultradiano en el grado de activación cortical, así como en la relación funcional interhemisférica, medidas a través del registro de la actividad eléctrica cerebral en distintas áreas del cerebro.

b) Comprobar la existencia de un ritmo ultradiano en la

ejecución de dos pruebas cognoscitivas (una verbal y otra espacial), que involucran de manera distinta a los hemisferios cerebrales.

c) Determinar el grado de relación que existe entre las variaciones en la ejecución de las tareas y las variaciones en los parámetros electroencefalográficos registrados, y

d) Observar las relaciones que existe entre las variaciones en la temperatura corporal y la actividad eléctrica cerebral, así como también entre la temperatura corporal y los niveles de ejecución de las tareas empleadas.

2. Hipótesis

Las principales hipótesis del trabajo fueron las siguientes:

a) Debido a que se ha reportado la existencia de ritmicidad ultradiana en diversas funciones fisiológicas y conductuales, y de que estas últimas dependen primordialmente de los niveles de activación del Sistema Nervioso, deben presentarse ritmos ultradianos en la actividad eléctrica cerebral.

b) Esperamos comprobar la existencia de ritmos ultradianos en la ejecución de dos tareas que involucran de manera distinta a los hemisferios cerebrales.

c) Los cambios cíclicos en los niveles de ejecución de las tareas deben relacionarse con diversos parámetros de la actividad eléctrica cerebral.

d) Las fluctuaciones ultradianas en la actividad eléctrica cerebral, así como en la ejecución de las tareas, pueden estar asociadas con cambios cíclicos en la temperatura corporal.

3. Sujetos

En la investigación participaron, en forma voluntaria, 8 sujetos adultos sanos, del sexo femenino, cuyas edades estaban comprendidas entre los 21 y los 27 años. Todas ellas eran estudiantes universitarias, familiarizadas con las técnicas utilizadas en la experimentación electrofisiológica.

Los requisitos que debían de cubrir fueron los siguientes: ser diestras, sin antecedentes familiares de zurdera y con hábitos normales de sueño. Además, no debían de estar ingiriendo medicamentos que afectasen las funciones del sistema nervioso, en las fechas cercanas a los días de evaluación.

El hecho de trabajar solamente con sujetos del sexo femenino se debió a las siguientes razones: primero, se inten-

Ló homogeneizar la muestra estudiada y, segundo, por la disponibilidad de las personas de este sexo, ya que resultó bastante difícil conseguir un número igual de sujetos masculinos que aceptaran participar en el experimento.

Al realizar el análisis de los datos electroencefalográficos, dos de los sujetos fueron eliminados por contener una gran cantidad de artefactos en sus registros.

4. Material y Método

Las sesiones experimentales se realizaron en una cámara sismomortiguada. Los sujetos fueron registrados cada 15 minutos durante 12 horas, divididas en dos sesiones de 6 hrs. cada una, las cuales se realizaban en diferente día; la primera sesión transcurrió de las 8 a las 14 hrs., y la segunda, en otro día, de las 14 a las 20 hrs. Esto se hizo con el fin de prevenir el efecto del cansancio. En cada sesión se registró a una sola persona.

Al inicio del experimento, el sujeto debía reportar: la hora a la que se había retirado a dormir la noche anterior, la hora a la que despertó y, como control, el día de inicio del ciclo menstrual. No se consideró el día de la fase del ciclo menstrual en el cual debía hacerse el experimento.

Al inicio del mismo, se colocaron electrodos de disco, adheridos al cuero cabelludo con pasta conductora. La localización de los electrodos se realizó de acuerdo con el Sistema Internacional 10-20 (Jasper, H., 1958), utilizando 8 electrodos en las siguientes derivaciones: T3, T4, C3, C4, P3, P4, O1 y O2. Los electrodos fueron referidos al lóbulo de la oreja ipsilateral.

Para el registro de la actividad eléctrica cerebral se utilizó un polígrafo Beckman R611, aceptando un rango de señal entre 1.6 y 30 Hz. Esta señal fue registrada en forma simultánea en una grabadora para su análisis posterior.

El intervalo de muestreo durante la sesión fue de 15 minutos, aplicando en cada uno de ellos la siguiente secuencia:

1o. Se registró, durante un minuto, la actividad eléctrica cerebral (EEG), estando el sujeto sentado, con los ojos abiertos y mirando hacia un punto de fijación, que se encontraba delante de él a un metro de distancia. Esto se hizo con el fin de estandarizar las condiciones de registro.

2o. Mediante un termómetro digital, se registró la temperatura oral del sujeto. Para lograr que el termómetro se estabilizara, este permaneció en la boca del sujeto durante el tiempo en el que se tomaban las muestras de EEG, haciendo la lectura al final de las mismas.

3o. Como control, se registró la temperatura ambiental, mediante un termómetro de ambiente.

4o. Se aplicaba una prueba manual de habilidad verbal, durante 30 segundos.

Esta prueba es una derivación de otras tareas que han sido ampliamente utilizadas en estudios de asimetría (Gross, M., 1972). La prueba consiste de una hoja tamaño carta, que tiene escrito en la parte superior, al centro, el nombre de una categoría lingüística, por ejemplo, NOMBRES DE PERSONAS y después, en forma continua, una serie de palabras entre las cuales se encuentran algunas que pertenecen a esa categoría (Figura 1). La tarea del sujeto consistió en subrayar las palabras que pertenecieran a la categoría; al final de los 30 segundos se le pedía que interrumpiera la ejecución y señalara la última palabra leída; este era el punto hasta el que la prueba sería evaluada posteriormente.

NOMBRES DE PERSONAS

COLOMBIA CARPINTERO PIANO CLAVEL ROBERTO TOSFERINA ACUARIO -
SALVADOR JORGE PAPAYA AZUL GUANTE VICTOR TENIS DANIEL VEINTE
COMER PADRE PERRO DEDO ALICIA MERCURIO CONSUELO ARGENTINA ZA
PATERO GUITARRA ORQUIDEA SARAMPION VIRGO MELON BLANCO ZAPATO
FUTBOL QUINCE JUANA ESCUCHAR HERMANO RATON YOLANDA PLUTON PA
TRICIA HONDURAS ALFONSO HERRERO JACOBO VIOLIN OSCAR AZALEA -
VARICELA LIBRA SANDIA AMARILLO CALCETIN DAVID TRES MIRAR TIO
EDUARDO OSO CODO RAQUEL BEATRIZ VENUS ECUADOR RELOJERO ELENA
ARPA CARMEN BUGAMBILIA VIRUELA LED NARANJA NEGRO BLANCA CAL-
CETA JULIO TREINTA PLATICAR HIJO JIRAFa CUELLO NEPTUNO URU-
GUAY PLOMERO TROMBON CLAVEL ALDO NEUMONIA PISCIS

Fig. 1 Prueba Verbal.

5o. Inmediatamente después de terminar la ejecución de la prueba verbal, se aplicaba una prueba de habilidad espacial, también durante 30 segundos.

Esta prueba ha sido utilizada por diversos autores para evaluar funciones que han sido atribuidas al hemisferio derecho (Gross, M., 1972; Sekuler, R., y Abrahms, M., 1968; y, Klein, R., y Armitage, R., 1979). Consiste en una hoja tamaño carta, que tiene en la parte superior al centro, un tablero de ajedrez (de 4 x 4), en el cual se encuentran sombreadas 3 de las celdillas, formando un patrón específico. En la parte inferior se encuentran otros tableros con patrones diversos (Figura 2). La tarea del sujeto consistió en tachar los tableros que mostraran patrones iguales al modelo. Ante la indicación del experimentador de que el tiempo había terminado, el sujeto debía poner una marca al final del último patrón que hubiese visto, este era el punto de referencia para la evaluación.

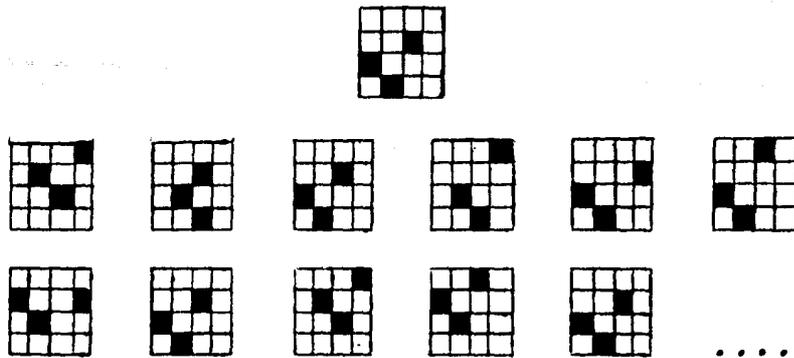


Fig. 2 Prueba Visoespacial.

Con el fin de evitar efectos de aprendizaje, tanto las categorías de la prueba verbal, como los modelos de la prueba espacial, fueron distintos para cada aplicación a lo largo de la sesión; el orden de las pruebas se asignaba en forma aleatorizada independientemente a cada sujeto, esto se hizo con el fin de contrarrestar posibles efectos debidos al orden de aplicación de las pruebas.

Esta secuencia ocupaba alrededor de 8 minutos; durante el tiempo restante, antes de la siguiente muestra (7 minutos), el sujeto podía realizar las actividades que deseara, sin salir del laboratorio.

Al final de las dos sesiones se obtuvieron 48 muestras de cada una de las variables medidas.

5. Obtención de Datos

Para cada momento del día y en cada sujeto, se obtuvieron los siguientes datos:

1) El electroencefalograma, que había sido registrado en la grabadora analógica, fue digitalizado por una computadora PDF 11/40, tomando una muestra de 20.48 segundos, libre de artefactos, con un intervalo de muestreo de 10 milisegundos.

De cada una de las derivaciones se obtuvo, mediante la Transformada Rápida de Fourier, el espectro de potencia de las frecuencias presentes y las potencias relativas para las bandas de Theta, Alfa y Beta; el cual es un valor porcentual que denota el grado de contribución de una banda en particular a la señal registrada, y que se calcula dividiendo la potencia absoluta de la señal entre la potencia de cada una de las bandas.

Puesto que uno de los objetivos principales de este trabajo fue observar los cambios a lo largo del día de las rela

ciones funcionales que existen entre distintas áreas cerebrales, procedimos a lo siguiente:

Primero, para cada muestra de EEG, se realizó un análisis entre zonas homólogas de los hemisferios cerebrales (T3-T4; C3-C4; F3-P4; O1-O2) en el cual cuantificamos el número de veces en que los pares de señales cambian su polaridad en forma simultánea a lo largo de los 20.48 segundos, distinguiendo las veces que lo hacen en fase, de aquellas en que los cambios ocurren a contrafase (a este análisis se le denegó acoplamiento temporal).

Posteriormente, para evaluar la función de coherencia entre zonas interhemisféricas homólogas, se filtró la señal original y se agrupó por bandas, obteniendo un valor de correlación para cada una de ellas.

La función de coherencia cuantifica el grado de asociación que existe entre pares de señales en relación a la frecuencia, y ha mostrado ser útil para medir cambios en la topografía relacionados con la ejecución de tareas cognitivas y otros aspectos de la organización cerebral (Shaw, J., 1981; Beaumont, J., 1978; Dumas, R., y Morgan, A., 1975; Thatcher, R., y col., 1983a,b).

Para esto hicimos lo siguiente: primero, la señal original, proveniente de cada área cerebral, fue filtrada empleando para ello el mismo programa con el que se calculó la Transformada de Fourier, obteniéndose así los componentes en cada una de las bandas, de acuerdo con los siguientes criterios: la banda de Theta entre 3.51 y 7.96; Alfa entre 8 y 12.98, y Beta entre 13.03 y 29.98 Hz. (Figura 3). Posteriormente, obtuvimos un valor de correlación entre zonas interhemisféricas homólogas, para cada una de estas bandas, así como para el espectro total.

Tradicionalmente se ha considerado que los sujetos adultos sanos, en estado de vigilia, presentan únicamente frecuencias dentro del rango de las bandas de Alfa y Beta, sin embargo, utilizando métodos de análisis más precisos se ha observado que, en estas condiciones, también aparecen frecuencias lentas (que corresponden a las bandas de Delta y Theta), cuya amplitud depende de las zonas de registro y de la edad del sujeto, encontrándose que, en sujetos adultos cuyas edades fluctúan entre 21 y 22 años, la amplitud de estas ondas está en el rango de 4.2 a 8 microvolts (Matousek, M., y Petersen, I., 1973; John, R., 1977; Harmony, T., 1984a).

2) La temperatura oral y la temperatura ambiental se registró en grados centígrados.

3) De la ejecución en cada una de las pruebas (Verbal-Espacial) se obtuvieron, para cada momento, tres parámetros:

a) El número de respuestas correctas para cada prueba. Considerando una respuesta correcta cuando el sujeto subrayaba las palabras que pertenecían a la categoría lingüística correspondiente, o tachaba los tableros que muestra-



(A) SEÑAL ORIGINAL

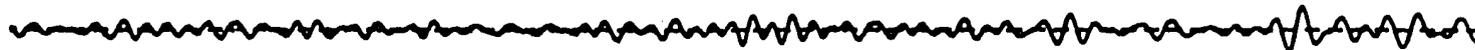


(B) BANDA DE BETA



(C) BANDA DE ALFA

4.



(D) BANDA DE THETA



(E) BANDA DE DELTA

Figura 3. Mediante el Análisis de Fourier es posible descomponer una señal electroencefalográfica en las frecuencias que la componen. En (A) se observa un tramo de EEG de 10 segundos; en los siguientes trazos (B a E) se muestran las contribuciones de cada banda para formar la señal original.

ban el mismo patrón que el modelo, así como también, cuando no subrayaba las palabras que no pertenecían a la categoría lingüística, o que no tachara los tableros que no pertenecían al modelo.

b) El número de errores para cada prueba. Califican do como error cuando el sujeto subrayaba una palabra o tacha ba un tablero que no perteneciera a la categoría o al modelo correspondiente, y

c) El número de omisiones para cada prueba. Marcan do una omisión cuando no subrayaba una palabra perteneciente a la categoría, o no tachaba un tablero igual al patrón.

c. Análisis Estadístico

Después de la obtención de datos para cada momento, en cada uno de los sujetos, se obtuvieron 56 variables, cada una medida 48 veces a lo largo del día. Estas variables fue ron:

* La potencia en las bandas de Theta, Alfa y Beta, en cada una de las 8 zonas (24 variables).

* El número de cambios en fase y el número de cambios a contrafase entre pares de señales de zonas interhemisféricas homólogas (8 variables).

* La correlación interhemisférica para las bandas de -- Theta, Alfa y Beta, así como para el espectro total (16 variables).

* La temperatura corporal y la temperatura ambiental (2 variables).

* El número de aciertos, errores y omisiones para cada una de las pruebas (6 variables).

Dado que las unidades en las que están medidas las variables son diferentes entre si (valores de potencia relativa, coeficientes de correlación, respuestas correctas, grados, etc.), se procedió a convertirlas a calificaciones estándar, esto es, las puntuaciones crudas se transformaron en unidades de desviación estándar, con $\bar{X} = 0$ y $S = 1$. Esta -- transformación no varía la forma de la distribución y permite las comparaciones entre variables que fueron medidas en -- distintas unidades (Downie, N., y Heath, R., 1973).

Posteriormente, con el fin de determinar la existencia de ritmicidad en cada una de las variables, se realizó un -- análisis de Fourier. Hay que recordar que el objetivo de es te análisis consiste en descomponer la señal compleja que se

tiene, en las frecuencias que la constituyen, indicando la contribución (potencia) de cada una de estas a la formación de la señal original, empezando por la frecuencia fundamental que es aquella que tiene un periodo igual al tamaño de la señal, en nuestro caso esta frecuencia fundamental tiene un periodo de 6 hrs.). La descomposición se hace en base al Teorema de Fourier que dice: "Una función periódica cualquiera de periodo T, puede considerarse como la suma de funciones sinusoidales de periodo T1, T2, T3 ... Tn, con amplitudes y diferencias de fase perfectamente determinadas" (Matoušek, M., 1973).

El número de frecuencias que puede resolverse mediante este análisis, está en función del número de puntos que forman la señal original, pudiendo descomponerse en tantas frecuencias como número de puntos divididos entre dos se tengan. Así, al estar formadas nuestras series de tiempo por 24 puntos, que resumen las 6 horas de registro en cada sesión, se pueden descomponer en 12 frecuencias, cuyos periodos son:

Frecuencia (# de ciclos en 6 hrs.)	Periodo	Frecuencia (# de ciclos en 6 hrs.)	Periodo
1	6 hrs.	7	51.42 min.
2	3 hrs.	8	45 min.
3	2 hrs.	9	40 min.
4	90 min.	10	36 min.
5	72 min.	11	33.12 min.
6	60 min.	12	30 min.

Mediante este análisis se obtuvieron los espectros de potencia para cada una de las variables.

El siguiente paso era probar la existencia de diferencias significativas entre las distintas frecuencias que forman la señal, es decir, se pretende conocer si alguna frecuencia difiere en forma significativa con respecto a las otras frecuencias presentes.

Para esto se utilizó un análisis de varianza de un factor con bloques aleatorizados en cada una de las variables, agrupando los espectros de potencia de los 6 sujetos y, en el caso de las variables que mostraron diferencias significativas, con un nivel de probabilidad menor o igual a .05, se realizó una prueba de Tukey para conocer los efectos simples, estableciendo el mismo criterio de significancia para esta última (Kirk, R., 1968). En la Figura 4 se pueden observar las variaciones a lo largo del día en una de las variables, así como también el espectro de potencia de cada uno de los sujetos y el espectro de potencia del grupo.

Mediante este análisis se cubrió uno de los objetivos de este trabajo, el de determinar la existencia de ritmicidad en las variables evaluadas.

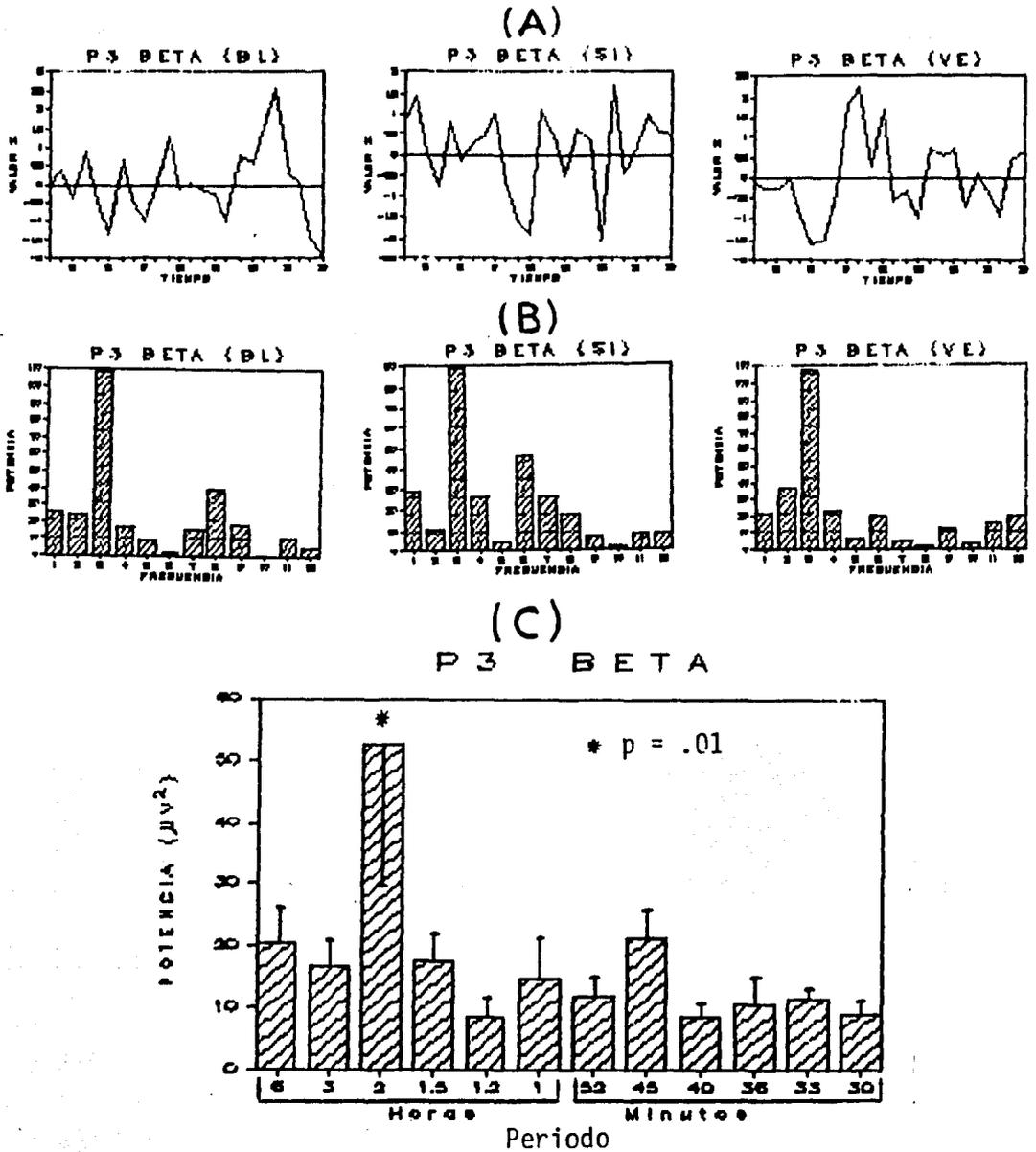


Fig. 4 Esta gráfica muestra la forma en la cual se realizó el análisis. En (A) se observan las variaciones en la potencia de Beta en la zona parietal izquierda (P3) durante la sesión de la mañana (8 a 14 hrs.), en tres de los sujetos. En (B) se representa el espectro de frecuencias de cada uno de ellos, y en (C) se observa el espectro agrupado, indicándose el error estándar y el periodo de cada una de las frecuencias. En este caso la frecuencia cuyo periodo es igual a 2 horas resultó estadísticamente significativa ($n = 6$)

Las relaciones temporales existentes entre las distintas variables estandarizadas, que fue otro de los objetivos, se evaluaron mediante la técnica de correlación (coeficiente de correlación de Pearson), que indica el grado de relación lineal entre dos variables.

Una vez calculado el coeficiente de correlación, el paso siguiente consiste en comprobar si el valor hallado es significativo o no, es decir, la probabilidad de que el citado coeficiente sea distinto del que pudiera esperarse por azar o si no existiera relación alguna entre las variables, este valor de significancia está en función del tamaño de la muestra. En nuestro caso, el valor mínimo de correlación significativo al nivel de $p = .05$ es .406, con 22 grados de libertad.

Con la ejecución de las pruebas Verbal y Espacial, hubo necesidad de efectuar una corrección previa a los análisis señalados. Esto se debió a lo siguiente:

Dado que estas pruebas ya habían sido utilizadas por otros investigadores, se partió de la suposición de que, dentro de las categorías lingüísticas (nombres de personas, colores, animales, etc.), así como también dentro de los distintos patrones espaciales, no había diferencias en cuanto al nivel de dificultad, ya que, en caso de haberlas, pudieran enmascarar el efecto del ciclo biológico. Es decir, no podríamos determinar si un aumento en el nivel de ejecución de un momento a otro del día, estaba determinado por un aumento en el estado de alerta del sujeto (dado por un ritmo endógeno), o por una disminución en la dificultad de la prueba.

Por lo tanto, primero probamos si existían diferencias significativas entre la ejecución de las distintas pruebas. Esto lo realizamos mediante un análisis de varianza de un factor con bloques aleatorizados, encontrando que sí existían diferencias significativas entre las 24 pruebas de cada categoría.

Entonces, tuvimos que hacer una corrección en las calificaciones crudas de cada uno de los sujetos, ponderando los valores de las pruebas de acuerdo a su nivel de dificultad. El valor de ponderación para cada una de las pruebas lo obtuvimos de la siguiente forma:

- 1o. Se determinó la sumatoria total de las 24 pruebas, esto se hizo a partir de la media de cada una de ellas.
- 2o. Se calculó el porcentaje de contribución de cada una de las medias a la suma total.
- 3o. Se obtuvo el valor de ponderación para cada prueba, dividiendo el porcentaje total (100%), entre el valor porcentual de contribución de esa prueba.
- 4o. Por último, se ponderó cada prueba individual, multiplicando su calificación por el factor de ponderación de esa prueba.

7. Resultados

Los análisis se realizaron por separado para cada sesión debido a lo siguiente:

En el caso en el que la ritmicidad ultradiana se manifestara en las dos sesiones con la misma periodicidad, el espectro de potencia presentaría picos similares en ambas y sería equivalente a hacer un solo análisis uniendo los datos de las dos sesiones, aunque podría haber errores de interpretación en el caso en el que no hubiese una continuidad de fase perfecta entre las series de tiempo de las dos sesiones, lo cual podría originar la presencia de componentes espúreos en el espectro de frecuencias. Sin embargo, en el caso en el que la ritmicidad se presentara únicamente en una de las sesiones, o de que existiesen periodos distintos entre las sesiones, el hecho de juntar los datos para realizar un solo análisis, podría enmascarar los ritmos presentes.

A. Análisis de la Ritmicidad.

- Variaciones en los Niveles de Activación Cortical. (Potencia relativa por bandas)

Area Parietal: En la sesión de la mañana se observó que el área parietal izquierda (P3) muestra variaciones cíclicas significativas en la potencia en la banda de Beta, presentando un periodo de oscilación de 2 hrs (Figura 5).

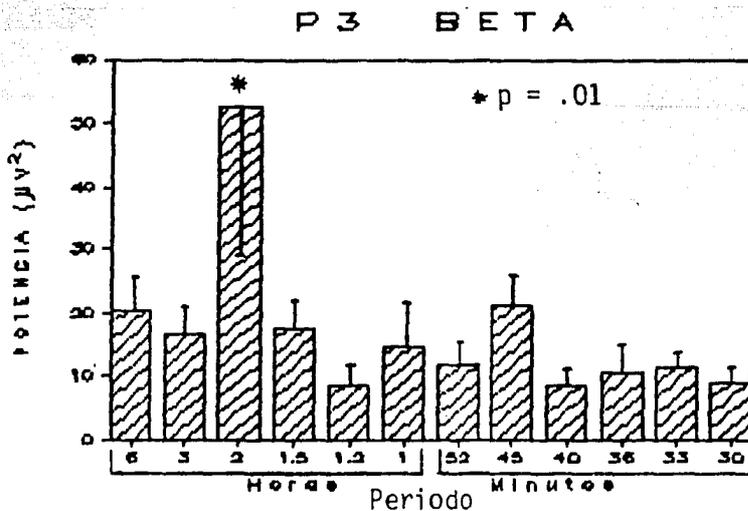


Fig. 5 Medias y errores estándar de cada frecuencia para la variable POTENCIA de BETA en P3. La frecuencia cuyo periodo es de 2 horas, fue significativamente diferente a las demás --- (n = 6).

Además, nos interesó conocer si las variaciones a lo largo del día en la potencia de Beta en P3 estaban en fase entre los distintos sujetos en el ciclo predominante de 2 hrs. Para esto, en cada sujeto filtramos todas aquellas frecuencias distintas a la de 2 hrs., encontrándose que existe mucha diferencia en las relaciones de fase entre los sujetos, descartándose así un posible efecto de la hora del día sobre el patrón rítmico de activación en esa zona.

Por otra parte, el área parietal derecha (P4) mostró una tendencia a presentar ritmicidad en la banda de Beta, con periodos de 30 min. y, 3 y 6 hrs., aunque en este caso no se alcanzó el nivel de significancia establecido.

En la sesión de la tarde también se encontró ritmicidad en el área parietal izquierda, aunque en este caso lo fue en la banda de Theta en las frecuencias cuyos periodos son 6, 3 y 1.5 horas (Figura 6).

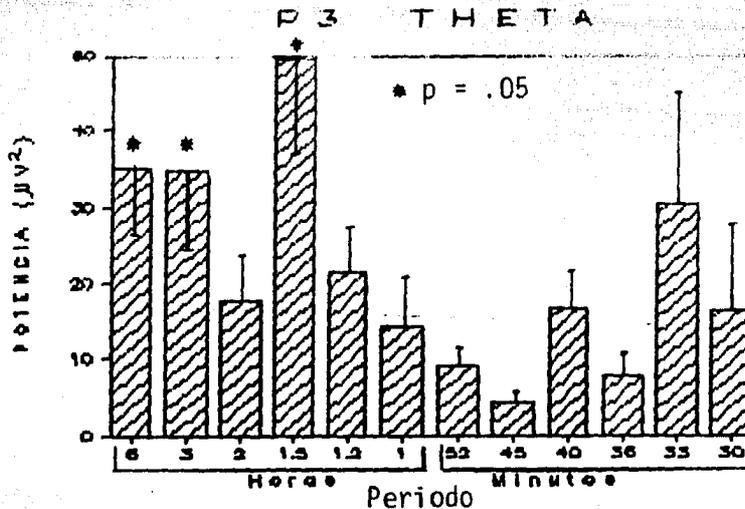


Fig. 6 Medias y errores estándar de cada frecuencia para la variable POTENCIA de THETA en P3. Las frecuencias cuyos periodos son 6, 3 y 1.5 horas, fueron significativamente diferentes a las demás (n = 6).

Area Occipital: Estas zonas no mostraron patrones cíclicos significativos en los niveles de activación en ninguna de las bandas analizadas.

Area Temporal: En la sesión de la tarde se encontraron patrones rítmicos en la potencia de Alfa en la zona temporal izquierda (T3), con periodos de 1 y 1.5 horas (Figura 7).

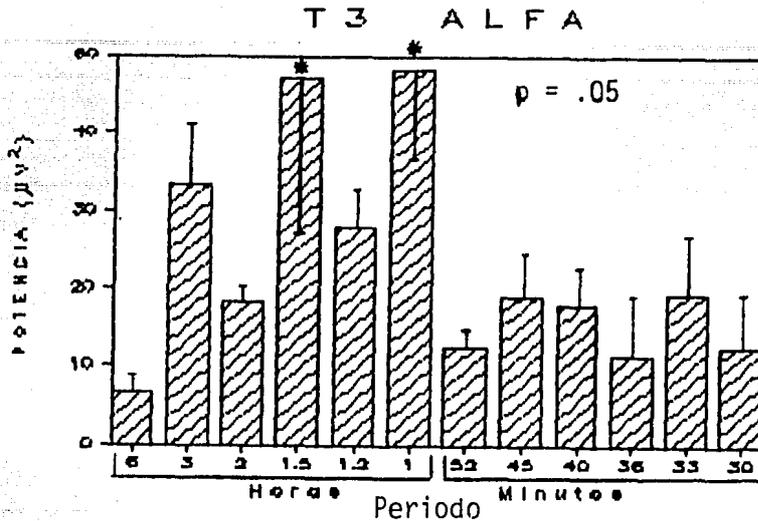


Fig. 7 Medias y errores estándar de cada frecuencia para la variable POTENCIA en ALFA en T3. Las frecuencias de 1.5 y 1 hora, fueron significativamente diferentes a las demás (n = 6).

Area Central: Estas áreas cerebrales tampoco mostraron patrones cíclicos significativos en los niveles de activación en las bandas analizadas.

Hay que hacer notar que, en el caso de la zona central izquierda (C3), en la banda de Alfa, aunque se alcanzó el nivel de significancia establecido, al realizarse las pruebas de Tukey para determinar las diferencias entre las medias de las frecuencias, se observó que ninguna frecuencia en particular resaltaba sobre las demás, sino que más bien las diferencias señaladas por el análisis de varianza se debían a la combinación de las frecuencias que presentan una potencia que fluctuó alrededor de 25, comparadas con dos frecuencias que tienen una potencia muy baja, cuyos periodos son 90 y 36 min. (Figura 8).

La Tabla I resume los resultados encontrados, señalando la probabilidad de que las variaciones se deban al azar y, en los casos en los que se alcanzó el nivel de significancia, se especifica la o las frecuencias responsables de las diferencias encontradas.

C 3 A L F A

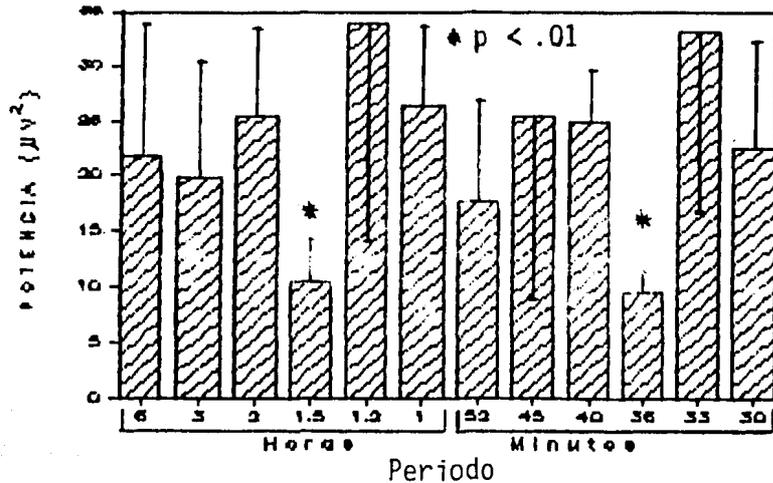


Fig. 8 Medias y errores estándar de cada frecuencia para la variable POTENCIA en ALFA en C3. Las frecuencias cuyos periodos son 1.5 y .6 horas (36 minutos), son las que determinan las diferencias encontradas (n = 6).

SESION DE LA MAMANA							
	Theta	Alfa	Beta		Theta	Alfa	Beta
T3	.70	.10	.07	T4	.84	.83	.76
C3	.83	.43	.40	C4	.83	.34	.57
O1	.62	.53	.60	O2	.51	.56	.11
P3	.33	.22	.01 *	P4	.75	.58	.07
(2 hrs.)							
SESION DE LA TARDE							
	Theta	Alfa	Beta		Theta	Alfa	Beta
T3	.78	.05 *	.47	T4	.56	.34	.78
(60 y 90 min.)							
C3	.75	.0001 *	.45	C4	.21	.41	.17
O1	.33	.53	.67	O2	.73	.72	.34
P3	.05 *	.71	.43	P4	.59	.73	.60
(90 min., 6, 3 hrs.)							

Tabla I. Valores de probabilidad obtenidos a partir del análisis de varianza. En el caso de las variables que mostraron diferencias significativas, se señalan los periodos de oscilación que las originaron (n = 6).

*Variaciones en las Relaciones Interhemisféricas.
(Acomodamiento Temporal)*

Area Parietal: Esta zona no mostró fluctuaciones periódicas en los cambios de polaridad simultánea entre zonas homólogas de los hemisferios cerebrales (P3-P4).

Area Occipital: En esta zona se observó que, en la sesión de la tarde, ocurrieron fluctuaciones periódicas en el número de cambios simultáneos con la misma polaridad, en el EEG registrado en zonas homólogas de los hemisferios cerebrales (O1-O2), con periodos de oscilación de 6 y 3 horas (Figura 9).

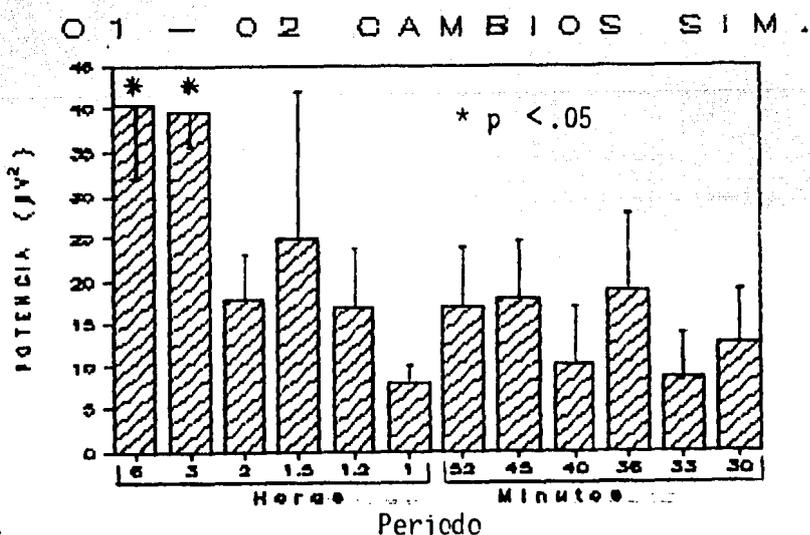


Fig. 9 Medias y errores estándar de cada frecuencia para la variable CAMBIOS SIMULTANEOS con la misma polaridad de áreas interhemisféricas - homólogas de la zona Occipital (O1-O2). Las frecuencias cuyos periodos son de 6 y 3 horas, mostraron diferencias significativas.

Area Temporal: También en esta zona se observó que, en la sesión de la tarde, el número de cambios simultáneos entre zonas interhemisféricas homólogas (T3-T4) mostraron variaciones cíclicas significativas con periodos de 6 y 3 horas (Figura 10).

Area Central: En este caso se encontró que el número de veces en que los pares de señales registrados en zonas centrales homólogas de los hemisferios cerebrales (C3-C4) cambian de polaridad en forma simultánea, muestra una ritmicidad significativa en la sesión de la mañana, presentando periodos de 6, 3 y 2 horas, los cuales también fueron observados en la sesión de la tarde, aunque en este caso no se alcanzó el nivel de significancia (Figura 11).

T3 - T4 CAMBIOS SIM.

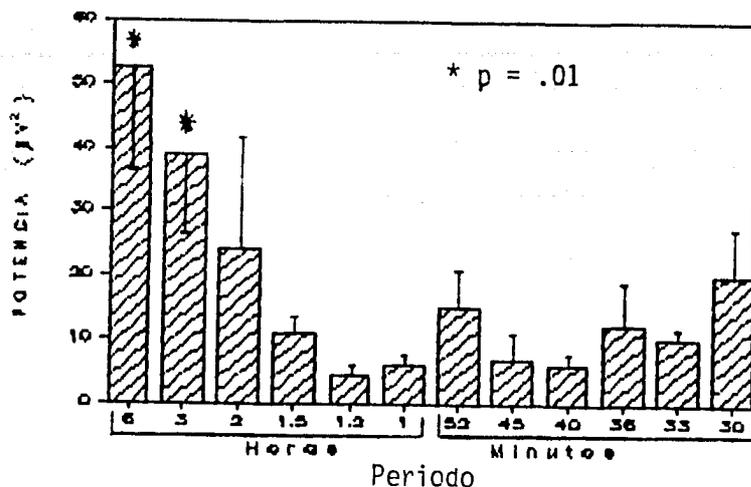


Fig. 10 Medias y errores estándar de cada frecuencia para la variable CAMBIOS SIMULTANEOS con la misma polaridad entre áreas interhemisféricas homólogas de los lóbulos temporales (T3-T4). Las frecuencias con periodos de 6 y 3 horas, mostraron diferencias significativas (n = 6).

C3 - C4 CAMBIOS SIM.

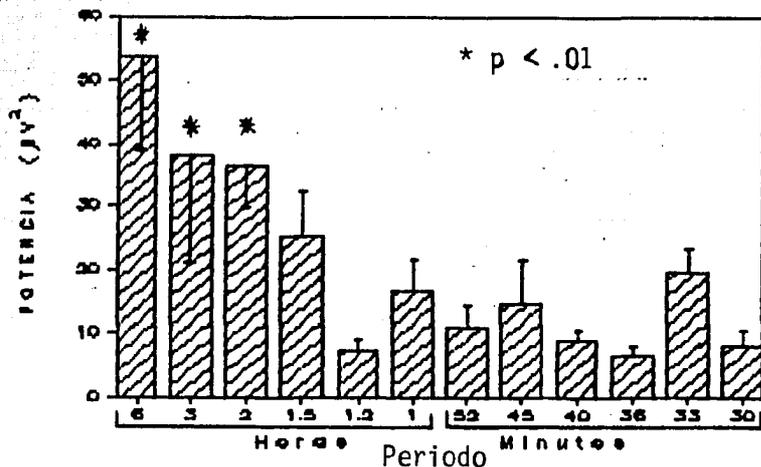


Fig. 11 Medias y errores estándar de cada frecuencia para la variable CAMBIOS SIMULTANEOS con la misma polaridad entre zonas interhemisféricas homólogas (C3-C4). Las frecuencias con periodos de 6, 3 y 2 horas, son las que determinaron las diferencias encontradas.

La Tabla II resume los resultados obtenidos a través del análisis de varianza, mostrando el nivel de probabilidad de que las variaciones cíclicas se deban al azar y, en el caso en el que se alcanzó el nivel de significancia, se señalan las frecuencias que originaron esta diferencia.

	MANANA		TARDE	
	Cambios Misma Polaridad	Cambios Polaridad Opuesta	Cambios Misma Polaridad	Cambios Polaridad Opuesta
T3T4	.06	.35	T3T4 (6 y 3 hrs.)	.52
C3C4 (6,3 y 2 hrs.)	.002	.34	C3C4	.50
P3P4	.11	.92	P3P4	.85
O1O2	.14	.58	O1O2 (6 y 3 hrs.)	.60

Tabla II. Valores de probabilidad obtenidos a partir del análisis de varianza. En el caso de las variables que mostraron diferencias significativas en alguna de las frecuencias, se señalan los periodos de oscilación que las originaron.

- Variaciones en las Relaciones Interhemisféricas (Análisis de correlación por bandas).

En el caso de las variaciones cíclicas en las relaciones funcionales entre los hemisferios cerebrales, los resultados fueron los siguientes:

Area Parietal: Esta área no mostró variaciones cíclicas significativas en los valores de correlación interhemisférica en ninguna de las bandas del electroencefalograma.

Area Occipital: La correlación entre las áreas occipitales de los hemisferios cerebrales (O1 - O2) presentó oscilaciones significativas en el Espectro Total y en la banda de Beta, en la sesión de la tarde; en el primero caso, con periodos de 3 y 6 hrs., y en el último con periodo de 30 minutos (Figura 12).

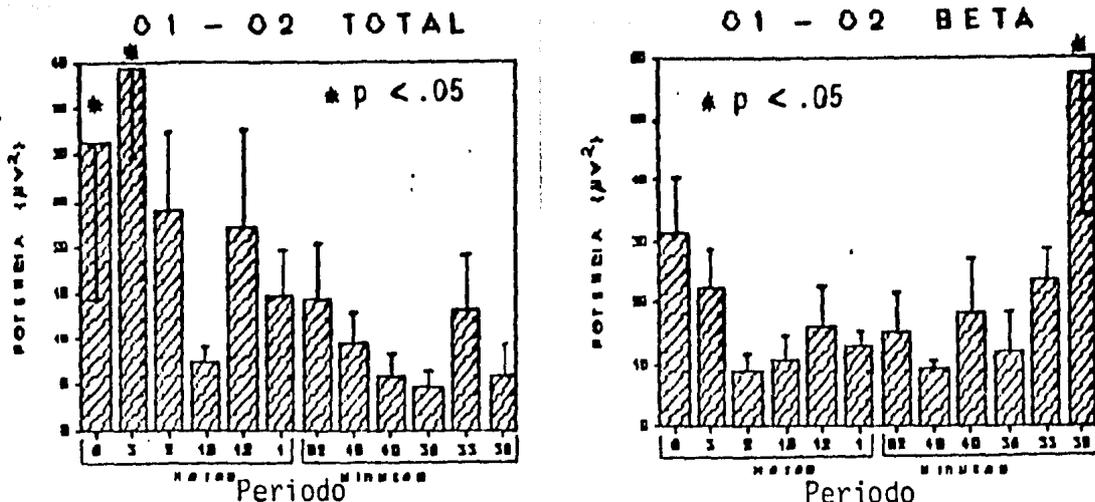


Fig. 12 Medias y errores estándar de cada frecuencia para los valores de correlación de zonas interhemisféricas del área occipital (O1-O2) - en el espectro total y en la banda de Beta. En el primer caso, las frecuencias con periodos de 6 y 3 horas fueron estadísticamente significativas mientras que, para la banda de Beta, lo fue la frecuencia cuyo periodo es de 30 minutos (n = 6).

Area Temporal: Se encontró que las zonas temporales mostraron ciclicidad en la correlación interhemisférica en la banda de Alfa, durante la sesión de la mañana, presentando un periodo de oscilación de 72 minutos (Figura 13).

Area Central: En este caso se encontró que la correlación interhemisférica en la zona central (C3-C4), en la sesión de la mañana, presenta fluctuaciones cíclicas significativas con periodos de 3 y 6 hrs; esta ciclicidad se muestra en el espectro total y en casi todas las bandas analizadas. Solamente en el caso de la coherencia en la banda de Alfa no se alcanzó el nivel de significancia, aunque estuvo muy cercano a él (Figura 14).

Esta ritmicidad en la zona central, también se presentó en la sesión de la tarde en las banda de Alfa, así como en el espectro total, manifestando los mismos periodos de oscilación (3 y 6 hrs.).

El resumen de los resultados del análisis de varianza se puede observar en la Tabla III.

 SESION DE LA MAÑANA

	Espectro Total	Theta	Alfa	Beta
T3T4	.14	.31	.005 (72 min.)	.88
C3C4	.008 (3 hrs.)	.05 (3 y 6 hrs.)	.06	.01 (90 min. 6 hrs.)
P3P4	.59	.36	.81	.89
O1O2	.51	.41	.11	.14

SESION DE LA TARDE

	Espectro Total	Theta	Alfa	Beta
T3T4	.13	.21	.44	.31
C3C4	.02 (3 hrs.)	.10	.03 (3 hrs.)	.46
P3P4	.47	.18	.62	.73
O1O2	.02 (3 y 6 hrs.)	.17	.46	.02 (30 min.)

Tabla III. Valores de probabilidad obtenidos a partir del análisis de varianza. En el caso de las variables que mostraron diferencias significativas en alguna de las frecuencias, se señalan los periodos de oscilación que las originaron.

- *Variaciones en la Ejecución de Tareas*

Tanto el número de errores como el número de omisiones cometidos en la ejecución de las pruebas verbal y espacial fue sumamente bajo. En la mayoría de las sesiones no se cometieron errores en ninguna de las pruebas, mientras que el promedio de omisiones cometidas durante cada sesión fue de 1. Debido a esto no es posible observar ningún patrón cíclico en estas dos variables.

Al analizar la ritmicidad en el número de aciertos para las dos pruebas se observó que en ninguna de las dos sesiones aparecieron diferencias significativas en las frecuencias de oscilación observadas, aunque, en la sesión de la mañana, se manifestó una ligera tendencia a presentar una potencia mayor en las frecuencias rápidas, en particular, aquellas con periodo de 32 minutos, mientras que en la sesión de la tarde, en la prueba verbal, la tendencia se observó en la frecuencia cuyo periodo es de 6 horas (Figura 15).

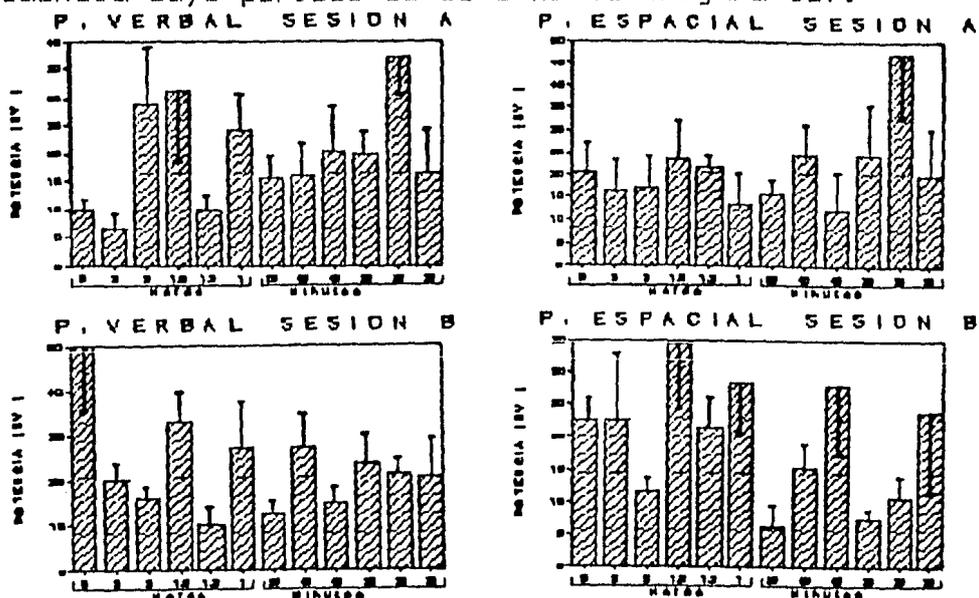


Fig. 15 Medias y errores estándar del espectro de frecuencias de la variable ACIERTOS en las Pruebas VERBAL y ESPACIAL en ambas sesiones. En ninguno de los casos se presentó una frecuencia significativa ($n = 6$).

- Variaciones en la Temperatura

En las dos sesiones, la temperatura oral mostró fluctuaciones cíclicas, presentando un periodo de 3 hrs., obteniéndose valores de probabilidad muy cercanos al nivel de significancia (Figura 16).

Al analizar a los sujetos en forma individual, se observó que, en 4 de ellos, está presente esta frecuencia en forma predominante (Figura 17).

El rango promedio de fluctuación dentro de cada sesión fue de .48 de grado, sin guardar ninguna relación con el día del periodo menstrual en el que se encontraba el sujeto, ya que el valor de correlación que se obtuvo entre el rango de variación y el día del ciclo menstrual fue de .30

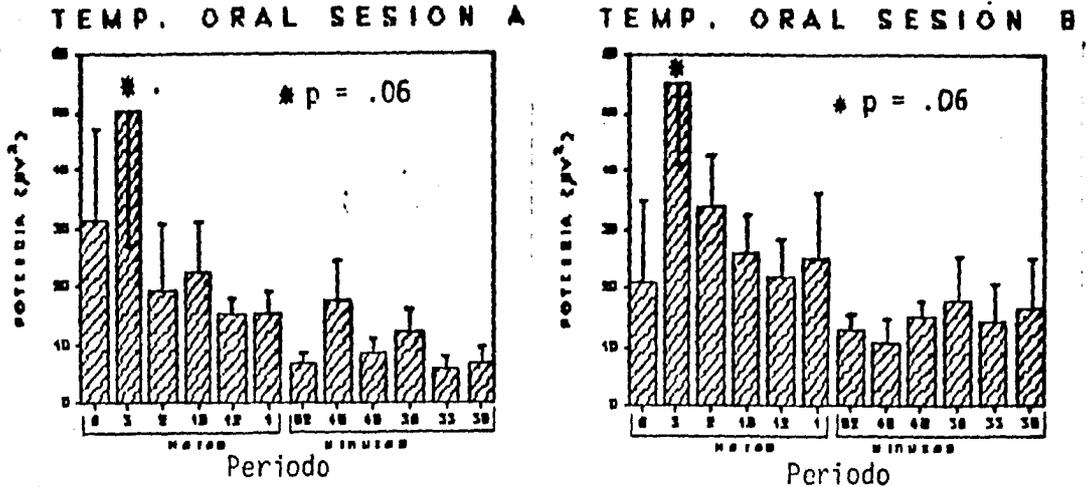


Fig. 16 Medias y errores estándar de cada frecuencia en la variable TEMPERATURA ORAL, de las 2 sesiones. En ambos casos estuvo presente la frecuencia cuyo periodo es de 3 horas, presentando un nivel probabilidad de .06

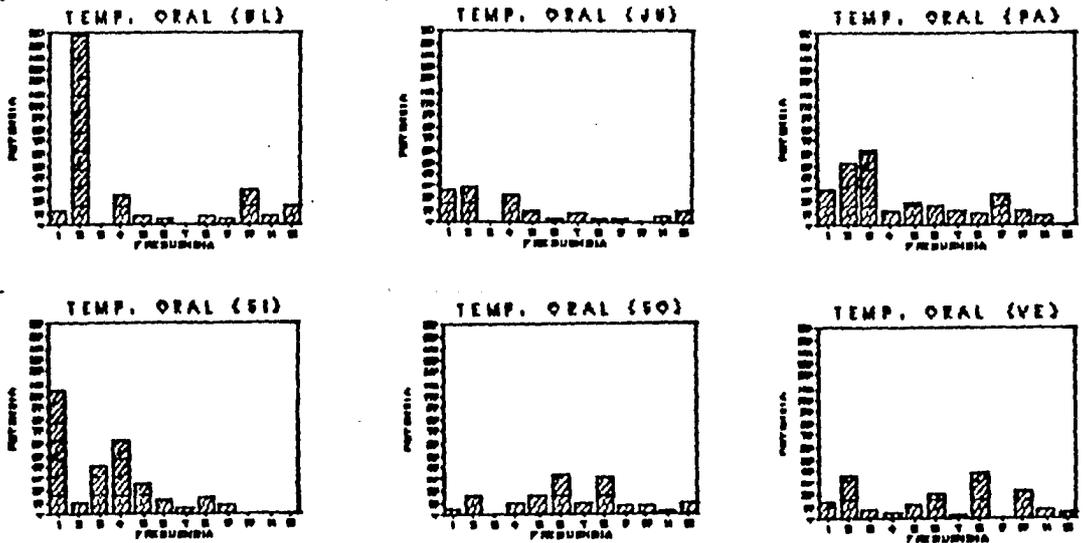


Fig. 17 Espectros de potencia individuales de la variable TEMPERATURA ORAL, en la sesión de la mañana.

Por otra parte, en el caso de la temperatura ambiental, se encontró ritmicidad con un periodo de 6 hrs., sin embargo, el análisis individual reveló que, en este caso, existe un sesgo importante debido a las condiciones experimentales en uno de los sujetos, ya que, en general, el espectro de potencia presenta valores sumamente bajos y, solamente en este

sujeto aparece un pico importante en la frecuencia cuyo periodo es de 6 horas, esta afirmación se ve apoyada por el hecho de que el análisis de varianza reveló diferencias significativas entre los sujetos, con un nivel de probabilidad de .01 (Figura 18).

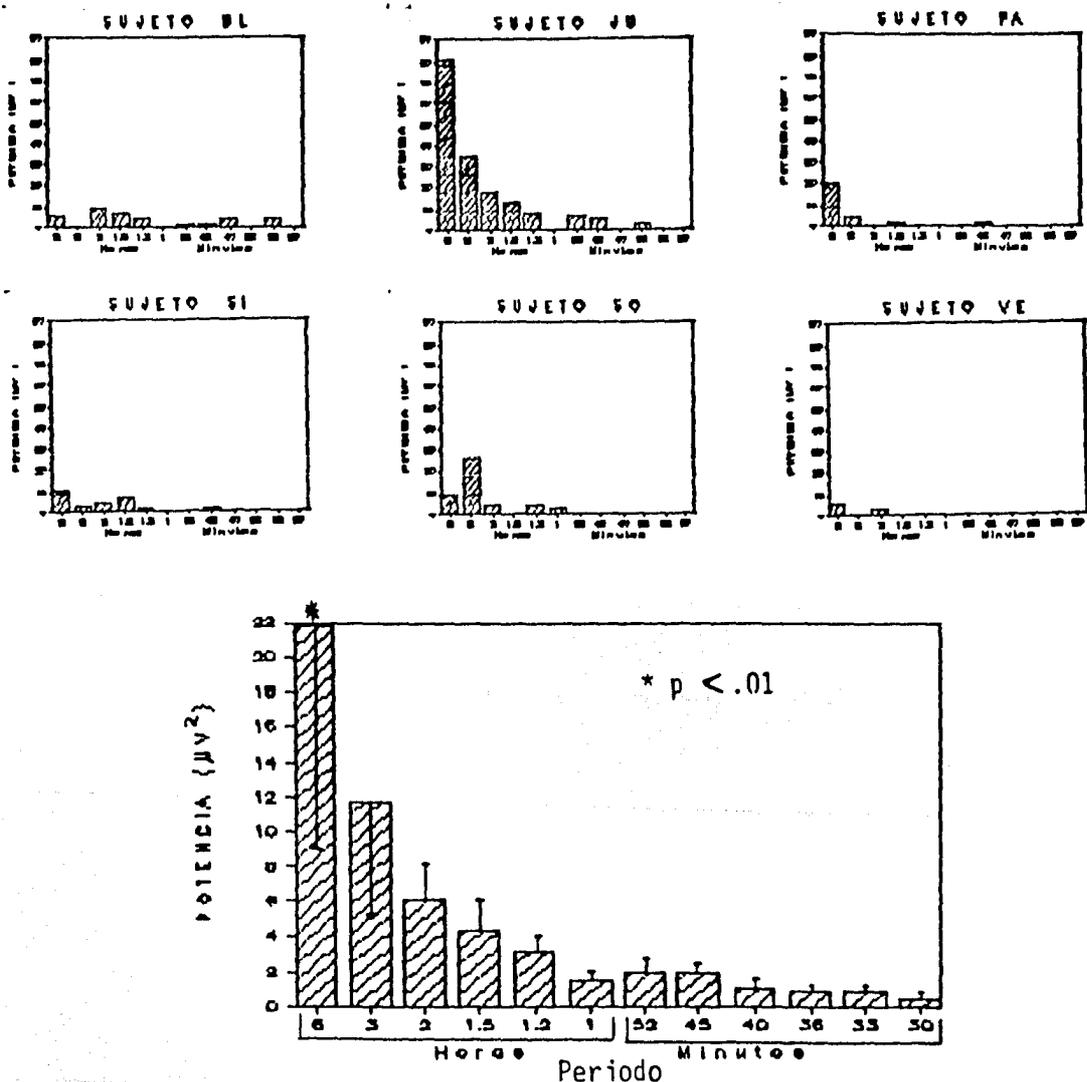


Fig. 18 En esta gráfica se observa, en la parte superior, el espectro de potencia obtenido en la TEMPERATURA AMBIENTAL en cada uno de los sujetos y, en la parte inferior, aparece el promedio para cada frecuencia, señalándose el error estándar. La frecuencia que presentó diferencias estadísticamente significativas es aquella con periodo de 6 horas, siendo el sujeto JU el que la mostró en forma significativa.

Resumen.— Diversas variables electroencefalográficas - mostraron ritmicidad a lo largo de las sesiones, agrupándose principalmente en las frecuencias que tienen periodos de oscilación lenta (6 y 3 horas); este mismo efecto se pudo observar para el caso de la temperatura corporal, mientras que la ejecución de las tareas no mostró patrones rítmicos significativos durante las sesiones. La Tabla IV muestra estos - datos en forma condensada.

	Periodo de Oscilacion (hrs.)					
	6	3	2	1.5	1.2	1
Potencia:						
P3 BETA	-	-	*	-	-	-
P3 THETA	*	*	-	*	-	-
T3 ALFA	-	-	-	*	-	*
Relaciones Interhemisféricas:						
<i>Area Central (C3-C4):</i>						
ESPECTRO TOTAL	-	*	-	-	-	-
THETA	*	*	-	-	-	-
ALFA	-	*	-	-	-	-
BETA	*	-	-	*	-	-
CAMBIOS DE POLARIDAD	*	*	*	-	-	-
<i>Area Temporal (T3-T4):</i>						
ALFA	-	-	-	-	*	-
CAMBIOS DE POLARIDAD	*	*	-	-	-	-
<i>Area Occipital (O1-O2):</i>						
ESPECTRO TOTAL	*	*	-	-	-	-
BETA	-	-	-	-	-	-
CAMBIOS DE POLARIDAD	*	*	-	-	-	-
Ejecución						
PRUEBA VERBAL	-	-	-	-	-	-
PRUEBA ESPACIAL	-	-	-	-	-	-
Temperatura Corporal	-	*	-	-	-	-

Tabla IV. Resumen de las variables que mostraron ritmos ultradianos en las sesiones de registro, indicándose el periodo de la frecuencia que resultó significativa.

B. Análisis de la Relación entre Variables

Como ya se señaló las relaciones entre las distintas variables a lo largo del tiempo se evaluaron mediante la técnica de correlación de Pearson.

- Relación entre la Actividad Eléctrica Cerebral y la Ejecución en las Tareas

En general, no se encontró ninguna correlación significativa entre los parámetros electroencefalográficos evaluados (potencia por bandas y relaciones funcionales interhemisféricas) y la ejecución de las tareas.

La Tabla V muestra los valores de correlación obtenidos entre la potencia por bandas, en las distintas zonas registradas, y el número de aciertos en las pruebas, mientras que en la Tabla VI se observan los valores de correlación entre las relaciones interhemisféricas y la ejecución. En general, en ambas tablas se observan valores de correlación muy bajos, ya que el valor mínimo para alcanzar el nivel de significancia es de .40.

	Prueba Verbal	Prueba Espacial		Prueba Verbal	Prueba Espacial
C3 Theta	.11	.06	C4 Theta	.01	.004
C3 Alfa	-.04	.10	C4 Alfa	-.03	-.02
C3 Beta	-.13	-.22	C4 Beta	.04	.04
O1 Theta	-.15	.05	O2 Theta	-.10	-.09
O1 Alfa	.26	-.03	O2 Alfa	.11	-.01
O1 Beta	-.14	-.03	O2 Beta	.04	.18
P3 Theta	.11	.05	F4 Theta	-.05	.05
P3 Alfa	-.01	.005	F4 Alfa	.006	-.02
P3 Beta	-.18	-.14	F4 Beta	.07	.01
T3 Theta	.18	.11	T4 Theta	-.13	-.08
T3 Alfa	-.21	.07	T4 Alfa	.25	.003
T3 Beta	-.12	-.14	T4 Beta	.04	.09

Tabla V. Valores de correlación obtenidos entre el número de aciertos en las tareas y la potencia por bandas en las distintas derivaciones. El valor mínimo de correlación - significativo al nivel de $p = .05$ es .406

	Prueba Verbal	Prueba Espacial		Prueba Verbal	Prueba Espacial
<i>C3-C4</i>			<i>T3-T4</i>		
Espectro Total	.09	.05	Espectro Total	.04	.10
Theta	.11	.01	Theta	.04	.08
Alfa	.05	.14	Alfa	.06	.01
Beta	.08	.12	Beta	.11	-.05
Cambios Simul.	.19	.11	Cambios Simul.	-.06	.04
Cambios Opues.	-.12	-.14	Cambios Opues.	-.12	.04
<i>P3-P4</i>			<i>01-02</i>		
Espectro Total	.18	.02	Espectro Total	.04	.01
Theta	.15	.004	Theta	.05	.02
Alfa	.11	.001	Alfa	.07	.01
Beta	.19	-.05	Beta	.02	-.03
Cambios Simul.	.08	.03	Cambios Simul.	.03	-.03
Cambios Opues.	-.15	-.11	Cambios Opues.	-.12	.003

Tabla VI. Correlaciones obtenidas entre el número de aciertos en las tareas y las relaciones interhemisféricas. En ningún caso se alcanzó el nivel de significancia.

- *Relación entre la Actividad Eléctrica Cerebral y la Temperatura*

En este caso, tampoco se encontró ninguna relación significativa entre las variables electroencefalográficas evaluadas, y las variaciones en la temperatura (corporal y ambiental). La Tabla VII muestra los valores de correlación obtenidos entre la potencia por bandas y la temperatura; y en la Tabla VIII se observan las correlaciones que existen entre la temperatura y las relaciones interhemisféricas.

- *Relación entre la Ejecución en las Tareas y la Temperatura*

Tampoco se encontraron relaciones significativas entre el nivel de ejecución en las tareas y la temperatura (corporal y ambiental).

Por último, no se encontraron correlaciones significativas entre el número de aciertos en la prueba verbal y el número de aciertos en la prueba espacial, ni tampoco entre la temperatura corporal y la ambiental; el resumen de estos resultados puede verse en la Tabla IX.

	Temperatura		Temperatura		
	Corporal	Ambiental	Corporal	Ambiental	
C3 Theta	.08	.21	C4 Theta	-.01	-.08
C3 Alfa	-.04	.08	C4 Alfa	-.04	.11
C3 Beta	-.11	-.32	C4 Beta	.03	.13
O1 Theta	.06	.11	O2 Theta	.08	-.12
O1 Alfa	-.05	.03	O2 Alfa	-.09	.13
O1 Beta	-.05	-.29	O2 Beta	-.02	.08
P3 Theta	.23	.31	P4 Theta	.24	.05
P3 Alfa	-.15	-.08	P4 Alfa	-.24	-.02
P3 Beta	-.19	-.32	P4 Beta	-.06	.08
T3 Theta	.06	.26	T4 Theta	-.06	-.26
T3 Alfa	.01	-.10	T4 Alfa	.12	.28
T3 Beta	-.07	-.25	T4 Beta	.03	.20

Tabla VII. Correlaciones obtenidas entre la temperatura oral y ambiental, y la potencia por bandas. En ningún caso se alcanzó el nivel de significancia.

	Temperatura		Temperatura		
	Corp.	Amb.	Corp.	Amb.	
<i>C3-C4</i>			<i>T3-T4</i>		
Espectro Total	-.11	.27	Espectro Total	-.08	.31
Theta	-.09	.23	Theta	-.10	.27
Alfa	-.13	.25	Alfa	-.09	.29
Beta	-.02	.20	Beta	-.11	.31
Cambios Simul.	-.006	.16	Cambios Simul.	-.06	.10
Cambios Opues.	.08	-.21	Cambios Opues.	-.05	-.18
<i>P3-P4</i>			<i>O1-O2</i>		
Espectro Total	-.07	.18	Espectro Total	-.21	.16
Theta	-.03	.12	Theta	-.19	.16
Alfa	-.12	.12	Alfa	-.23	.15
Beta	-.13	.10	Beta	-.10	.15
Cambios Simul.	-.06	.008	Cambios Simul.	-.08	.01
Cambios Opues.	-.06	-.19	Cambios Opues.	-.009	-.22

Tabla VIII. Valores de correlación obtenidos entre la temperatura oral y ambiental, y las relaciones interhemisféricas. En ningún caso se alcanzó el valor mínimo de correlación significativo al nivel de $p = .05$, que es igual a .406

	P. Espacial	T. Corporal	T. Ambiental
P. Verbal	- .07	.20	.29
P. Espacial	--	.13	.21
T. Corporal	--	--	.28

Tabla IX. Valores de correlación obtenidos entre la ejecución de las tareas y la temperatura. En ningún caso se alcanzó el nivel de significancia.

8. Discusión

En contraste con la extensa investigación realizada sobre los ritmos circádicos, existen relativamente pocos trabajos que aborden el tema de los ritmos ultradianos y, dentro de estos, la mayoría de ellos se centra en la alternancia rítmica de las fases de sueño, existiendo poco interés por investigar la periodicidad que ocurren durante la fase de vigilia.

Por otra parte, dentro de los estudios acerca de las fluctuaciones ultradianas, existe mucha variabilidad en la forma en la que los investigadores evalúan la significancia de estas oscilaciones, sin existir hasta ahora un acuerdo general sobre cual es el método de análisis más adecuado.

I. Análisis de la Ritmicidad

a) Actividad Eléctrica Cerebral

Los resultados que han sido descritos hasta este momento se basan en el análisis de varianza, en el que se agruparon los espectros de potencia de los sujetos para cada una de las variables, encontrándose que las variaciones cíclicas en el nivel de activación no se manifestaron en todas las zonas registradas de la corteza cerebral, sino sólo en algunas de ellas (área parietal y temporal del hemisferio izquierdo).

El hecho de que sea este hemisferio el que presenta la alternancia rítmica en los niveles de activación, podría explicarse de distintas formas:

Una de ellas postularía que, posiblemente, los generadores de los cambios cíclicos se encuentran en estructuras subcorticales y estos sean distintos para los dos hemisferios cerebrales. Estos datos se ven apoyados por la hipótesis postulada por J. Banquet (1983), acerca de la existencia de dos factores que influyen en las relaciones entre distintas áreas corticales (intra e interhemisféricas). Uno de ellos

sería la presencia de sincronizadores de frecuencias, los -- cuales estarían representados por circuitos tálamo-corticales, que son independientes de las conexiones interhemisféricas; estos sincronizadores de frecuencias podrían ser distintos para cada uno de los hemisferios cerebrales, y aún para distintas áreas dentro de cada hemisferio, presentando entre sí diversos niveles de acoplamiento. El otro factor sería la presencia de un sincronizador de fases que, en el caso de las relaciones interhemisféricas, estaría mediado a través -- del cuerpo calloso, ya que se ha observado que, al seccionar esta estructura, se presenta un desfaseamiento en la actividad interhemisférica. De modo que, posiblemente, los sincronizadores de frecuencias subcorticales pudieran actuar de manera distinta sobre los niveles de activación de los hemisferios cerebrales, sin embargo, habría que trabajar aún más sobre esta hipótesis para poderla confirmar.

Otra posibilidad sería, que la ritmicidad en los niveles de activación también estuviese presente en el hemisferio derecho, pero que esta se viera ocluida por factores relacionados con el estado del sujeto durante el registro, sería algo similar a lo que ocurre en los estudios de sueño, -- en los que se han podido observar alteraciones en la manifestación de la fase de sueño REM, como consecuencia de que el sujeto tenga que dormir en una situación poco usual, como -- son los laboratorios de investigación. En estos casos se observa que, en los momentos en los que se esperaría la presencia de esta fase de sueño, se decremente brevemente la amplitud de la actividad eléctrica cerebral y no se presentan los movimientos oculares, pasando el sujeto a la fase II (Kripke, D., 1974).

En nuestro caso, la oclusión no podría ser atribuida a la situación experimental, ya que la ritmicidad si se presenta en el hemisferio izquierdo, más bien estaría asociada con el estado del sujeto en el momento en el que se tomó el registro de la actividad cerebral. T. Harmony (1984a), ha reportado asimetrías interhemisféricas en el nivel de activación cortical en estado de reposo, señalando que, en estas condiciones, existe una mayor amplitud en la banda de alfa -- en el hemisferio derecho. Dado que, en nuestro caso, el registro electroencefalográfico se realizó en estado de reposo, pudiera ser que las diferencias en el grado de activación entre los hemisferios cerebrales, ocluyera la presencia de procesos cíclicos.

Por otra parte, en los casos en los que se manifestaron fluctuaciones cíclicas en los niveles de activación cortical, sus periodos de activación y desactivación no aparecieron en fase entre las distintas áreas cerebrales, ni tampoco lo hicieron de manera alternada, ya que los periodos de oscilación fueron distintos: 2 horas para el caso de P3 Beta; 3 y 6 horas para el caso de P3 Theta y, 60 y 90 minutos en T3 Alfa.

Este hecho no apoya la idea postulada por R. Broughton (1975), acerca de la existencia de una alternancia en los niveles de activación de los hemisferios cerebrales, lo cual implicaría la existencia de periodos de oscilación semejantes en ambos hemisferios cerebrales, solamente que con un desfase de 180 grados entre sí.

Por otra parte, los periodos de las oscilaciones encontradas en el área parietal (2, 3 y 6 horas) apoyan la idea de que los periodos de las frecuencias ultradianas durante la vigilia son mayores a los que se observan durante la alternancia cíclica de las fases de sueño, que es de 90 a 110 minutos (Kripke, D., 1974), lo cual debilitaría la postulación hecha por N. Kleitman (1963), acerca de la existencia de un ritmo básico que se manifiesta a lo largo de todo el día.

Otro aspecto importante se refiere al desfase que existe entre los sujetos en las variables que mostraron oscilaciones significativas, es decir, aunque los sujetos presentaron componentes cíclicos similares en algunas variables, por ejemplo, 2 horas para el caso de P3 Beta, existe mucha diferencia en las relaciones de fase entre ellos, es decir, sus picos de activación no coinciden con una hora específica, descartándose así la posibilidad de que la ritmicidad observada se deba a este hecho, ya que, en caso de que esto ocurriese, habría una relación de fase perfecta entre los sujetos, puesto que sus máximos y mínimos estarían determinados por la hora del día.

En el caso de las relaciones interhemisféricas es donde existe mayor consistencia en los resultados encontrados, ya que la ritmicidad se presentó tanto en la sesión de la mañana, como en la sesión de la tarde, observándose ritmicidad en las relaciones funcionales entre C3-C4, T3-T4 y O1-O2, con periodos de 3 y 6 horas. Puesto que diversos autores han encontrado que existen valores de correlación más altos en la actividad eléctrica cerebral, entre zonas que están conectadas a través de fascículos más gruesos (Busk, J., y Galbraith, G., 1975; Thatcher, R., 1983a,b) entonces, la hipótesis alternativa que pudiera surgir, en contraposición a la de una alternancia en los niveles de activación hemisférica, sería que existe ritmicidad en el intercambio de información entre los hemisferios cerebrales.

Las variaciones cíclicas en la zona central, que se presentaron con periodos de 6 y 3 horas, y 90 minutos, podrían estar revelando la presencia de algún componente cíclico en la conducta motora, como el observado por S. Friedman y C. Fischer (1967), quienes evaluaron la ritmicidad en conductas orales que tienen en común la presencia de un componente motor (comer, beber y fumar). Debido a que su interés principal estaba enfocado en comprobar la existencia del ritmo básico de reposo-activación, postulado por Kleitman, señalan -

la presencia de un ritmo con periodo de 96 minutos, sin embargo, publican resultados que sugieren la existencia de ciclos con periodos de 8 y 2 horas. Es posible entonces, que la ritmicidad que observamos en la correlación interhemisférica en la zona central refleje variaciones en la conducta motora.

Debido al tiempo de análisis que ellos emplean (8 horas) no es posible encontrar armónicos con periodos de 6 y 3 horas, como los que nosotros reportamos, sino que los periodos de las frecuencias que ellos encuentran son de 8, 4, --- 2.4, 2 y 1.36 horas. En los casos en los que esto ocurre, la potencia correspondiente a la frecuencia de 6 ó 3 horas se distribuye en las frecuencias adyacentes, las cuales serían aquellas con periodos de 8 y 2 horas. Este es uno de los problemas principales que se encuentran cuando se intentan comparar los resultados de distintos estudios, ya que, por las características propias del Análisis de Fourier, los periodos de las frecuencias que se pueden observar están en función de la duración de la sesión experimental y de la tasa de muestreo, y estas últimas varían mucho entre los estudios.

La falta de ritmicidad en las relaciones funcionales entre las áreas parietales de los hemisferios cerebrales podría atribuirse al hecho de que, al parecer, estas áreas están involucradas de manera distinta en el procesamiento de información, de modo que, al haberse registrado la actividad cerebral en la condición de reposo, las zonas temporales, centrales y occipitales, que están asociadas principalmente con la entrada de estimulación sensorial, estarían recibiendo y procesando el mismo tipo de información, mientras que las áreas parietales, al no estar asociadas con la entrada de información sensorial, sino con su procesamiento, podrían presentar distinto grado de relación interhemisférica

b) Ejecución de las Tareas

En el nivel de ejecución de las tareas empleadas no se presentaron componentes cíclicos significativos, esto podría explicarse de maneras distintas:

1) Pudiera ser que el periodo de la ritmicidad fuese -- una característica peculiar de cada individuo, de modo que -- al realizarse un análisis por grupo, la variabilidad interindividual en la frecuencia pico, pudiese oscurecer la presencia de ritmos individuales.

Al realizarse un análisis individual observamos que, en todos los sujetos, y prácticamente en todas las variables, se presentaban picos significativos en alguna frecuencia. Dado que no existe una prueba estadística que permita valorar el grado de significancia que pueda tener una fre-

cuencia determinada dentro del espectro de potencia individual, por requerirse en todos los casos de una medida de variabilidad, decidimos establecer este nivel de significancia con el criterio de que la potencia en la frecuencia particular fuese por lo menos del doble del valor de la mediana del espectro total, observándose que las frecuencias predominantes son aquellas que muestran oscilaciones lentas (6 y 3 horas). Sin embargo, se observan grandes diferencias entre -- los sujetos en la principal frecuencia de oscilación.

Diversos trabajos han intentado relacionar factores específicos de la personalidad con los ritmos biológicos observados. Así, se ha reportado que los sujetos con un alto grado de neuroticismo muestran una tendencia mayor a presentar desincronización interna en los ritmos de temperatura y de reposo-actividad, la cual puede ser ocasionada por las alteraciones de sueño que es una característica frecuentemente observada en este tipo de personas (Lund, R., 1978).

Por otra parte, se ha reportado la existencia de dos categorías de sujetos: aquellos en los que sus picos en el estado de alerta, en sus niveles de ejecución y en su estado anímico general, ocurren por la mañana, con un posterior deterioro durante la tarde y noche, y otro tipo de sujetos en los que se observa el patrón invertido, existiendo además -- sujetos que presentan diversos gradientes dentro de estas categorías.

El grado en el cual esta clasificación refleja factores subyacentes de la personalidad es un aspecto interesante; uno de los primeros intentos por realizar este tipo de asociaciones lo realizó P. Fatkai (1971), quien describe que los sujetos introvertidos se asocian con la categoría de sujetos de mañana, mientras que los extrovertidos se relacionan más con la categoría de sujetos de tarde. Además, en -- otras investigaciones se ha observado que no todos los sujetos presentan ritmicidad (Folkard, S., 1983).

Es importante hacer notar que los resultados de este experimento mostraron diferencias notorias en los niveles de ejecución de los sujetos, es decir, a pesar de haber sido -- utilizadas tareas relativamente fáciles, existen diferencias interindividuales en la habilidad para resolver las tareas, lo cual originó que algunos sujetos tuviesen un mayor número de ítems resueltos en el mismo tiempo que otros, lo cual podría sugerir que estas diferencias individuales pudieran --- afectar de modo distinto a los osciladores responsables de -- la ritmicidad.

2) Por otra parte, diversos trabajos apoyan la idea de que, para el caso de los ritmos circadianos, no existe un solo ritmo de ejecución sino que estos están bajo el control -- de distintos osciladores cerebrales, los cuales dependen en forma importante de la complejidad cognitiva o de la carga -- de memoria que requiera la tarea, de modo que la ejecución -- de tareas repetitivas como repartir barajas o golpear con --

los dedos, que no implican aspectos de memoria, varían en paralelo con los cambios circádicos en la temperatura corporal, por lo que se cree que la ritmicidad en estas funciones está controlada por el mismo oscilador cerebral que dirige el ritmo circádico de la temperatura (Monk, T., 1984; Monk, T., y col., 1983b; Folkard, S., y col., 1983).

En cambio, se ha observado que, para las tareas que implican gran carga de memoria, como son las pruebas de razonamiento verbal, las fluctuaciones circádicas no se ajustan con los cambios en la temperatura corporal, por lo que se propone la existencia de un oscilador independiente con atributos específicos, el cual pudiese estar relacionado con las estructuras que participan en la codificación de información verbal, ya que se ha observado que la ritmicidad en este tipo de tareas, puede ser bloqueada si se impide la subvocalización, hipotetizándose entonces que el periodo del oscilador está relacionado con la conducta verbal (Monk, T., 1984).

Otro aspecto importante se refiere a la dificultad de la tarea, se ha propuesto que con la ejecución de tareas fáciles no se manifiesta ritmicidad (Colquhoun, F., 1981), mientras que las tareas más difíciles ponen en evidencia la existencia de un oscilador de periodo corto, el cual pudiese estar relacionado con procesos de motivación (Monk, T., 1984).

En nuestro caso, la ausencia de ritmicidad en los niveles de ejecución, pudiera explicarse por la relativa facilidad de las tareas empleadas, lo cual puede apoyarse por el hecho de que el promedio de errores cometidos en cada sesión fue menor de uno, es decir, hubo sesiones completas en las que los sujetos no presentaron un solo error. De modo que, en caso de existir fluctuaciones en los niveles de ejecución, atribuibles a cambios en los procesos que subyacen a la misma, como pueden ser los niveles de atención, estas no podrían ser observadas, ya que las tareas fáciles podrían ser ejecutadas adecuadamente con un nivel mínimo de atención o esfuerzo, sin hacerse evidentes los posibles componentes cíclicos. Debieran entonces de utilizarse tareas que si requirieran en forma importante de la presencia de estos componentes para hacer evidente la posible presencia de ritmicidad.

c) *Temperatura Corporal*

Uno de los procesos fisiológicos más estudiados en lo que se refiere a la ritmicidad es la temperatura corporal, la cual exhibe un ritmo circádico con un rango de variación de 1 a 2 grados. En la mayoría de los sujetos el nivel más alto se presenta hacia las 20 o 21 hrs. y el mínimo hacia --

las 5 hrs. (Colquhoun, P., 1971).

Sin embargo, las variaciones rápidas que pudieran estar sobrepuestas a este ritmo circádico, no han sido tratadas -- propiamente como fluctuaciones rítmicas, se afirma, por ejemplo, que durante el sueño lento (o no REM), tanto la temperatura corporal como la temperatura cerebral (medida en el hipotálamo) disminuyen con respecto a la que se presenta en vigilia, mientras que, durante el sueño REM la temperatura corporal desciende aún más, observándose un aumento en la temperatura cerebral (Corsi, M., 1983). De acuerdo a esto deberían esperarse variaciones ultradianas en la temperatura corporal con un periodo de 90 a 110 minutos, que es el que corresponde a la alternancia rítmica de estas fases de sueño.

En nuestro caso, el periodo de oscilación ultradiana en contrado en la temperatura corporal, durante la vigilia, fue de 3 horas. Este tipo de fluctuaciones tampoco ha sido descrito como tal en los trabajos que evalúan el ritmo circádico de la temperatura, sin embargo, al analizar las gráficas que representan a este se observa que no sigue una forma sinusoidal exacta, sino que presenta oscilaciones más rápidas sobrepuestas al componente circádico, que no son fácilmente observables, por una parte, debido a la frecuencia con la -- que se muestrean los valores a lo largo del día, y por otra, debido al filtraje de frecuencias rápidas que generalmente -- se realiza en los estudios que valoran la ritmicidad circádica en esta variable.

Lo que se puede observar en las curvas que representan el ritmo circádico de la temperatura es que, de las 5 hrs. -- (que es el nivel más bajo que presenta la temperatura corporal) a las 10 hrs. se alcanza el 60% de la amplitud total de la oscilación, y de esta hora hasta las 20 o 21 hrs. el ---- aumento de la temperatura es relativamente lento, observándose se además ligeras fluctuaciones durante esta subida. Por -- otra parte, la disminución de la temperatura desde el pico -- más alto, ocurre en forma rápida durante la noche, de modo -- que en 9 hrs. (de las 21 hrs. a las 5 hrs.) se llega nuevamente al nivel mínimo, presentando durante este lapso las -- fluctuaciones antes descritas que están asociadas a las fases de sueño (Colquhoun, P., 1971).

Posiblemente nuestros resultados esten reflejando estas fluctuaciones rápidas que ocurren durante el día, sin que podamos asociarlas hasta ahora con ningún proceso fisiológico o conductual conocido.

En resumen, algunas consideraciones generales que nos -- permiten comprender las variaciones interindividuales encontradas en las fluctuaciones rítmicas de las funciones evaluadas (EEG, ejecución y temperatura) serían:

- 1) Los ritmos ultradianos pueden ser un reflejo de la --

actividad generada por uno o más osciladores endógenos que --
presentan distinto periodo de oscilación. De modo que la --
gran variabilidad interindividual observada puede explicarse
por la presencia de diversos factores que influyen en la ma-
nifestación de los distintos osciladores presentes, entre --
los que podemos señalar: el estado conductual del sujeto du-
rante el experimento, el grado de dificultad que presente la
tarea para cada sujeto en particular, el tipo de tarea em-
pleada, los niveles de motivación, así como también factores
relacionados con las características particulares de cada in-
dividuo. Entonces, podemos pensar, que los ritmos ultradia-
nos pueden estar bajo el control de un sistema de multiosci-
ladores, similar al propuesto para los ritmos fisiológicos,
y que las manifestaciones de cada uno de ellos depende de --
los factores antes señalados.

Este hecho nos llevaría a considerar una dificultad
adicional, relacionada con el tipo de análisis empleado (la
transformada rápida de Fourier). Pudiese ser que, de acuer-
do a la hora del día, el tipo de tarea y el tipo de sujeto,
entre otras muchas variables, los diversos osciladores pre-
sentes modularan sus niveles de activación a lo largo del --
día, o que el mismo oscilador presentara frecuencias distin-
tas. Si este fuera el caso, se generarían frecuencias con --
distinto periodo a lo largo del día, de modo que las técni-
cas de análisis que asumen la existencia de estacionariedad
de amplitud y frecuencia en las series de tiempo, resulta-
rían inapropiadas para valorar estas relaciones complejas de
terminadas por un sistema de multioscilladores.

2) Otra conclusión que podría derivarse a partir de la
gran variabilidad observada entre los sujetos con respecto a
los periodos de oscilación, sería que los ritmos observados
son de naturaleza exógena, controlados por factores externos
al organismo y, dado que las personas muestran entre sí dis-
tintos hábitos de conducta, que pueden actuar como sincroni-
zadores, como pueden ser: la hora de dormir, de trabajar, de
tomar alimentos, etc., cada uno de ellos presentaría patro-
nes de oscilación distintos de acuerdo a las condiciones in-
dividuales. Sería algo similar a lo que ocurre con el ritmo
ultradiano del sueño lento, el cual parece depender más de --
la cantidad de vigilia previa, que de la existencia de un
marcapaso endógeno (Williams, H., y col., en Corsi, M., ----
1983).

Aunque algunos autores interpretan de manera distin-
ta la existencia de esta variabilidad observada entre los in-
dividuos, por ejemplo, D. Kripke (1974), sostiene que la mar-
cada variabilidad observada en los ritmos ultradianos (inter
e intrasujetos, así como inter e intras Sesiones) hace difícil
concebir la existencia de un sincronizador externo que guíe
a los ritmos biológicos, dado que estos sincronizadores son
muy estables, postulando entonces que estos ritmos son de na

turalidad endógena, sin embargo, parece ser que Kripke sólo se refiere a la existencia de factores geofísicos como posibles sincronizadores, sin considerar que los hábitos de vida son sincronizadores importantes de las funciones rítmicas.

De cualquier forma, ambas posibilidades son factibles y faltan todavía muchos datos para definirse por una de ellas en forma definitiva.

3) Una posibilidad más sería que, en realidad, no exista ritmicidad ultradiana en las funciones evaluadas. Debemos recordar que los ritmos biológicos se presentan desde -- las plantas hasta los mamíferos superiores, y que una de sus funciones principales es la de ajustar al organismo a las -- condiciones cíclicas del medio ambiente para ayudar a la supervivencia, sin embargo, una de las características de las especies es que, conforme la evolución las va dotando de nuevas o diversas estructuras, se va acrecentando su independencia de los factores ambientales cambiantes.

Claramente estos resultados son menos definitivos para apoyar la postulación de N. Kleitman (1963) acerca de la existencia de un ciclo básico de reposo-activación, con un periodo 90 minutos. Parece ser que existen diversos ciclos a lo largo del día, con periodos, relaciones de fase y mecanismos generadores muy distintos, que aún no han podido ser esclarecidos.

II. Relaciones Temporales entre las Variables

a) *Relación entre la Actividad Eléctrica Cerebral y los niveles de Ejecución en las Tareas*

La ausencia de relación entre los distintos parámetros evaluados de la actividad eléctrica cerebral y la ejecución, pueden explicarse de varias formas:

En diversos trabajos se han podido encontrar relaciones claras entre los niveles de activación cortical, medidos a través del registro de la actividad eléctrica cerebral, y la ejecución de diversas tareas que involucran de manera diferente a los hemisferios cerebrales, encontrando que existe una mayor activación en el hemisferio encargado de realizar la tarea (Galín, D. y Ornstein, R., 1972,). Sin embargo, en estos trabajos el registro de la actividad cerebral se ha -- realizado en forma simultánea al momento de la ejecución de la tarea.

Nosotros intentamos evaluar el nivel de actividad cortical antes de aplicar las pruebas, ya que los objetivos eran, por un lado, comprobar la existencia de ritmicidad ultradiana en diversos parámetros electroencefalográficos, indepen-

dientemente de las relaciones que pudiesen existir con la -- ejecución de tareas enfocadas a evaluar a uno u otro de los hemisferios cerebrales y, posteriormente, valorar la relación que pudiese existir entre el nivel de actividad previo y la ejecución de las pruebas.

Dado que no existieron correlaciones significativas entre las variables electroencefalográficas evaluadas (potencia y correlación interhemisférica) y los niveles de ejecución de las tareas, se puede concluir que es relativamente independiente el estado previo de activación del cerebro, -- con respecto a los niveles de ejecución observados posteriormente.

Sin embargo, no se puede descartar la posibilidad de -- que sí existan relaciones significativas entre el estado previo del cerebro y la ejecución, pero que, debido al método de análisis utilizado, no las hubiésemos podido evaluar adecuadamente. Recordemos que el análisis de correlación solamente evalúa el grado de relación lineal que existe entre -- dos variables, el error podría consistir en lo siguiente:

i) Que existiese una relación no lineal entre la ejecución y la actividad eléctrica cerebral, y

ii) Que la relación entre la actividad eléctrica cerebral y la ejecución fuese mucho más compleja para poder ser valorada con base en un solo parámetro electroencefalográfico, como el grado de activación de una zona, o la simetría interhemisférica de una sola área. Posiblemente una buena ejecución en las tareas no depende únicamente de un determinado nivel de activación en una zona, sino de aspectos más complejos en los que intervienen distintos niveles de activación entre diversas zonas, así como también relaciones inter e intrahemisféricas específicas, y esto se puede complicar -- aún más si se especifican las relaciones entre los centros subcorticales y la corteza cerebral. Así, una sola variable de la actividad eléctrica cerebral resulta insuficiente para evaluar las relaciones cerebro conducta.

Esta falta de relación entre los niveles de ejecución y las variables electrofisiológicas es común encontrarla en la literatura, por ejemplo, J. Bossom y col., (1983), reportan correlaciones muy bajas entre la ejecución de varias tareas y diversas constantes fisiológicas (concentración de catecolaminas en plasma, de glucosa, de hormona del crecimiento, de cortisol, así como en la presión arterial y la tasa cardíaca). Estos autores sugieren que las relaciones entre funciones biológicas y conductuales deben ser buscadas en largos periodos de tiempo, más que en periodos cortos.

Esta misma falta de concordancia es la que reporta A. Fernández-Guardiola (1968), entre la cantidad de ritmo Alfa y el tiempo de reacción, encontrando que, durante el transcurso de una sesión experimental, el ritmo Alfa puede llegar a desaparecer mientras que el tiempo de reacción se mantiene

constante, aunque también puede ocurrir lo contrario, es decir, grandes variaciones en el tiempo de reacción, sin que se detecten cambios en los ritmos electroencefalográficos.

El problema principal con el que nos enfrentamos al intentar aclarar este tipo de relaciones, es que aún no conocemos exactamente cual es el significado de los distintos ritmos cerebrales, ni conocemos totalmente cuales son las estructuras generadoras. Las relaciones entre los ritmos corticales y los aspectos conductuales son muy complejas, ya que aquellos pueden presentarse ante situaciones disímolas, por ejemplo, el ritmo Theta se presenta en gran proporción durante la fase de sueño lento, aunque también se puede encontrar ante la presencia de estímulos placenteros y, de hecho, todo el tiempo está presente aunque con una amplitud muy baja (Matousek, M., y Petersen, I., 1973; John, R., 1977; Harmony, T., 1984a). Lo mismo ocurre con el ritmo Alfa, que se presenta comunmente en estado de reposo, con ojos cerrados y ante la ausencia de estimulación ambiental, aunque también puede aparecer durante la situación de ojos abiertos y ante la presencia de estímulos sensoriales, en este caso se le llama "alfa paradójico".

b) Relación entre la Temperatura Corporal y la Ejecución de las Tareas

Basado en una serie de trabajos, N. Kleitman (1963), -- postuló que las curvas de ejecución ocurrían en paralelo con los ritmos de temperatura, hipotetizando entonces una relación causal entre temperatura y ejecución, llegando incluso a sugerir que la eficiencia en la ejecución podría ser evaluada indirectamente a través de la medición de la temperatura corporal (Folkard, S., 1976).

Sin embargo, investigaciones realizadas en años posteriores han demostrado que las variaciones circadianas en la ejecución pueden ocurrir en forma independiente del ritmo de temperatura corporal, por ejemplo, S. Folkard (1975), empleando tareas de transformación gramatical y de silogismos, encuentra que los picos de ejecución ocurren a las 14 hrs., mientras que el de la temperatura corporal se presentó a las 20 hrs. Resultados semejantes son los que reporta T. Monk, y col., (1983a), quienes encuentran que el pico en el estado de alerta ocurre mucho más temprano (entre las 12 y las 15 hrs.) que el pico máximo en la temperatura corporal, el cual se presentó entre las 19 y las 21 horas.

Muchas investigaciones más han podido comprobar esta -- disociación entre los ritmos de temperatura y los de ejecución (Folkard, S., y col., 1976; Colquhoun, P. y Folkard, -- S., 1978; Monk, T., y col., 1984).

Una forma de explicar estos datos contradictorios, supondría la existencia de un sistema de osciladores múltiples, uno de los cuales tendría bajo su control a la temperatura corporal y a algunas tareas que tienen en común la presencia de poca carga de memoria, mientras que otro tipo de tareas y de funciones fisiológicas estarían bajo el control de otros osciladores, los cuales generarían distintos periodos de oscilación.

Esta postulación podría explicar nuestros datos, ya que, tanto los valores de correlación entre la temperatura corporal y la ejecución, como entre la temperatura y los distintos parámetros de la actividad eléctrica cerebral evaluados fueron sumamente bajos.

Resumen.— Nuestras observaciones finales pueden resumirse de la siguiente forma:

i) Hay grandes diferencias individuales en el periodo de los ritmos ultradianos durante la vigilia, notándose que todos los sujetos muestran ciclicidad en las distintas variables evaluadas, sin embargo, sus periodos de oscilación difieren mucho entre ellos.

ii) Dentro de cada sujeto, el periodo de la ritmicidad ultradiana no es estable de una sesión a otra. De modo que la estabilidad intraindividual no es tan fuerte como la que presentan los ritmos circádicos.

iii) La naturaleza compleja de los ritmos ultradianos durante el día puede ser explicada por la ocurrencia simultánea de diferentes ritmos y por su sensibilidad a influencias del ambiente social.

iv) Las relaciones temporales entre la actividad eléctrica cerebral y el nivel de ejecución en distintas tareas que requieren del uso de procesos cerebrales complejos, deben ser evaluadas a través de métodos multivariados que consideren, en forma simultánea, los niveles de activación en distintas zonas cerebrales, así como las relaciones funcionales que existan entre ellas.

Aunque los sincronizadores y sustratos generales de estos ritmos ultradianos permanecen aún desconocidos, su investigación puede ser útil para identificar problemas prácticos asociados con el tipo de tareas que requieren de una atención continua. Sin embargo, la comprobación de la existencia de este tipo de ritmos espera aún ser firmemente establecida, tratando de subsanar algunos de los problemas con los que nos enfrentamos en esta investigación, entre los cuales podemos señalar: la utilización de una muestra pequeña, emplear sujetos de un sólo sexo, valorar previamente los niveles de dificultad de las tareas a utilizar, así como contro-

lar distintas variables, propias de los sujetos, que pueden estar influyendo en los tipos de ritmicidad encontrada, como por ejemplo, la clase de sujetos de acuerdo a sus momentos - de máxima eficiencia (sujetos de mañana o de tarde), el día del periodo menstrual en que se encuentren, los hábitos de - sueño, etc., así como también controlar distintas variables ambientales que pueden afectar los ritmos biológicos, entre los que podemos citar, la temperatura ambiental, las horas - de alimentación, etc.

BIBLIOGRAFIA

- Albers, H., Lydic, R., Gander, P., y Moore-Ede, M. (1984a) - Role of the Suprachiasmatic Nuclei in the Circadian Timing System of the Squirrel Monkey. I. The Generation of Rhythmicity. *Brain Research*. 300: 275-284.
- Albers, H., Lydic, R., y Moore-Ede, M. (1984b) Role of the Suprachiasmatic Nuclei in the Circadian Timing System of the Squirrel Monkey. II. Light-Dark Cycle Entrainment. - *Brain Research*. 300: 285-293.
- Andreassi, J., Okamura, H., y Stern, M. (1975) Hemispheric Asymmetries in the Visual Cortical Evoked Potential as a Function of Stimulus Location. *Psychophysiology*. 12(5): 541-546.
- Ardila, A. (1982) **Psicofisiología de los Procesos Complejos**. México: Trillas.
- Ardila, A. (1983) **Psicobiología del Lenguaje**. México: Trillas.
- Ardila, A. (1984) Right Hemisphere Participation in Language. En: A. Ardila y F. Ostrosky (Eds.) **The Right Hemisphere: Neurology and Neuropsychology**. New York: Gordon and Breach. 99-107.
- Ardila, R. (1981) **Psicología Fisiológica**. México: Trillas.
- Aréchiga, H. (1976) La Problemática de los Ritmos Circádicos. *Bol. Est. Med. y Biol.* 39(1): 1-17.
- Aréchiga, H. (1980) La Naturaleza de los Ritmos Biológicos. *Ciencia*. 31: 79-89.
- Aréchiga, H. (1984) Los Ritmos Biológicos. *Ciencia y Desarrollo*. 55: 41-52.
- Aschoff, J. (1965) Circadian Rhythms in Man. *Science*. 148: 1427-1432.

- Aschoff, J. (1981a) Free-running and Entrained Circadian -- Rhythms. En: J. Aschoff (Ed.) **Handbook of Behavioral -- Neurobiology. Vol. 4 Biological Rhythms.** New York-London: Plenum Press. 81-93.
- Aschoff, J. (1981b) Annual Rhythms in Man. En: J. Aschoff (Ed.) **Handbook of Behavioral Neurobiology. Vol. 4 Biological Rhythms.** New York-London: Plenum Press. 475-487.
- Aserinsky, E., y Kleitman, N. (1955) A Motility Cycle in -- Sleeping Infants as Manifested by Ocular and Gross Bodily Activity. *Jour. Applied Physiol.* 8: 11-18.
- Baddeley, A., Matter, J., Scott, D., y Snashall, A. (1970) - Memory and Time of Day. *Brit. Jour. Psychol.* 22: 605-609.
- Banquet, J. (1983) Inter and Intrahemispheric Relationships of the EEG Activity During Sleep in Man. *EEG and Clin. - Neurophysiol.* 55: 51-59.
- Beaumont, J., Mayes, A., y Rugg, M. (1978) Asymmetry in EEG Alpha Coherence and Power: Effects of Task and Sex. *EEG and Clin. Neurophysiol.* 445: 393-401.
- Benton, A. (1971) **Introducción a la Neuropsicología.** Barcelona: Fontanella.
- Binkley, S., Riebman, J., y Reilly, K. (1977) Timekeeping - by the Pineal Gland. *Science.* 197: 1181-1183.
- Blake, M. (1967) Time of Day Effects on Performance in a -- Range of Tasks. *Psychonom. Sci.* 9: 349-350.
- Bossom, J., Natelson, B., Levin, B., y Stokes, P. (1983) Ultradian Rhythms in Cognitive Functions and their Relationship to Visceral Processes. *Physiology and Behavior.* 31: 119-123.
- Boulos, Z., Rosenwasser, A., y Terman, M. (1980) Feeding -- Schedules and the Circadian Organization of Behavior in - the Rat. *Behav. Brain. Res.* 1: 39-65.
- Bradshaw, J., y Nettleton, N. (1981) The Nature of Hemispheric Specialization in Man. *The Behavioral and Brain Sciences.* 4: 51-91.
- Broughton, R. (1975) Biorhythmic Variations in Consciousness and Psychological Functions. *Can. Psychol. Rev.* 16: 217-239.

- Brown, F. (1974) Why is so Little Known About the Biological Clock ? En: L. Scheving, F. Halberg y J. Pauly ---- (Eds.) *Chronobiology*. Tokyo: Igaku Shoin. 689-693.
- Brown, F. (1975) *Relojes Biológicos*. México: CECSA.
- Brownstein, M. (1982) The Pineal Gland. *Life Sciences*. 16 (9): 1363-1373.
- Bryden, M. (1965) Tachistoscopic Recognition, Handedness, - and Cerebral Dominance. *Neuropsychologia*. 3: 1-8.
- Bryden, M. (1982) *Laterality: Functional Asymmetry in the - Intact Brain*. New York: Academic Press.
- Bryden, M., y Allard, F. (1981) Shortcomings of the Verbal/ Nonverbal Dichotomy: Seems to us we've Heard this Song Before... *The Behavioral and Brain Sciences*. 4: 65-66.
- Bunning, E. (1973) *The Physiological Clock*. New York- London: Springer-Verlag.
- Busk, J., y Galbraith, G. (1975) EEG Correlates of Visual Motor Practice in Man. *EEG and Clin. Neurophysiol.* 38: 414-422.
- Butler, S., y Glass, A. (1974) Asymmetries in the Electroencephalogram Associated with Cerebral Dominance. *EEG and Clin. Neurophysiol.* 36: 481-491.
- Campbell, S., y Tobler, I. (1984) Animal Sleep: A Review of Sleep Duration Across Phylogeny. *Neuroscience and Behavioral Reviews*. 8: 269-300.
- Carmon, A., Lavy, S., Gordon, H., y Portnoy, A. (1975) Hemispheric Differences in rCBF During Verbal and Nonverbal -- Tasks. En: *Brain Work: Alfred Benzon Symposium VIII*. -- Munksgaard, 1975.
- Cloudsley, J. (1961) *Rhythmic Activity in Animal Physiology and Behavior*. New York-London: Academic Press.
- Cohen, G. (1972) Hemispheric Differences in a Letter Classification Task. *Perception and Psychophysics*. 97: 139-142.
- Colquhoun, P. (1971) Circadian Variations in Mental Efficiency. En: P. Colquhoun (Ed.) *Biological Rhythms and - Human Performance*. London-New York: Academic Press.

- Colquhoun, P., y Folkard, S. (1978) **Personality Differences in Body-Temperature Rhythm, and their Relation to its Adjustment to Night Work.** *Ergonomics*. 21: 811-817.
- Colquhoun, P. (1981) **Rhythms in Performance.** En: J. Aschoff (Ed.) **Handbook of Behavioral Neurobiology. Vol. 4 Biological Rhythms.** New York-London: Plenum Press. 333-348.
- Corsi, M. (1983) **Psicofisiología del Sueño.** México: Trillas.
- Cranney, J., y Ashton, R. (1980) **Witelson's Dichhaptic Task as a Measure of Hemispheric Asymmetry in Deaf and Hearing Populations.** *Neuropsychologia*. 18: 95-98.
- Davis, A., y Wada, J. (1977a) **Lateralisation of Speech Dominance by Spectral Analysis of Evoked Potentials.** *Jour. - of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*. 40: 1-4.
- Davis, A., y Wada, J. (1977b) **Spectral Analysis of Evoked - Potential Asymmetries Related to Speech Dominance.** En: - J. Desmedt (Ed.) **Language and Hemispheric Specialization in Man: Cerebral ERPs.** *Prog. Clin. Neurophysiol.*, Vol. 3. Karger, Basel. 127-139.
- Deguchi, T. (1974) **A Circadian Oscillator in Cultured Cells of Chicken Pineal Gland.** *Nature*. 282: 94-96.
- Delgado-García, J., Grau, C., De-Feudis, P., Del Pozo, F., - Jiménez, J., y Delgado, J. (1976) **Ultradian Rhythms in - Mobility and Behavior of Rhesus Monkeys.** *Experimental -- Brain Research*. 25: 79-91.
- Dement, N., (1969) **Basic Rest-Activity Cycle in Relation to Sleep and Wakefulness.** En: A. Kales (Ed.) **Sleep: Physiology and Pathology.** Philadelphia: Lippincott. 33-38.
- Dement, W., y Kleitman, N. (1957) **Cyclic Variations in EEG During Sleep and their Relation to Eye Movements, Body Motility and Dreaming.** *EEG. and Clin. Neurophysiol.* 9: --- 673-690.
- Dolce, G., y Waldeier, H. (1974) **Spectral and Multivariate Analysis of EEG Changes During Mental Activity in Man.** -- *EEG and Clin. Neurophysiol.* 36: 577-584.
- Downie, N., y Heath, R. (1971) **Métodos Estadísticos Aplicados.** New York: Harper Row.
- Doyle, J., Ornstein, R., y Galin, D. (1974) **Lateral Specia-**

lization of Cognitive Mode: II EEG Frequency Analysis. --
Psychophysiology. 11: 567-578.

Drucker-Colin, R., Aguilar R., Garcia, F., Hernández, F., y
Rattoni, F. (1984) Fetal Suprachiasmatic Nucleus Trans-
plants: Diurnal Rhythm Recovery of Lesioned Rats. *Brain
Research*. 311: 353-357.

Dumas, R., y Morgan, A. (1975) EEG Asymmetry as a Function
of Occupation, Task and Task Difficulty. *Neuropsychologia*.
13: 219-228.

Dummermuth, G., y Lehmann, D. (1981) EEG Power and Coheren-
ce During Non-REM and REM Phases in Humans in All-Night -
Sleep Analyses. *Eur. Neurol.* 20: 429-434.

Edmonds, S., y Adler, N. (1977a) The Multiplicity of Biolo-
gical Oscillators in the Control of Circadian Running Ac-
tivity in the Rat. *Physiology and Behavior*. 18: 921-
930.

Edmonds, S., y Adler, N. (1977b) Food and Light as Entrain-
ers of Circadian Running Activity in the Rat. *Physiology
and Behavior*. 18: 915-919.

Ehrlichman, H., y Wiener, M. (1979) Consistency of Task-Re-
lated EEG Asymmetries. *Psychophysiology*. 16: 247-252.

Feldman, J., y Hoyle, M. (1974) Genetic Alterations Modify-
ing Period Length of the Sorbose-Induced Hyphal-Branching
Rhythm in *Neurospora Crassa*. En: L. Scheving, F. Halberg
y J. Pauly (Eds.) *Chronobiology*. Tokyo: Igaku Shoin. 51-
54.

Fernández-Guardiola, A., Ayala, F., y Kornhauser, S. (1968)
EEG, Heart Rate and Reaction Time in Humans: Effects of -
Variable vs Fixed Interval Repetitive Stimuli. *Physiol.
and Behavior*. 3: 231-240.

Folkard, S. (1975) Diurnal Variation in Logical Reasoning.
British Journal of Psychology. 66(1): 1-8.

Folkard, S. (1983) Multi-Oscillatory Control of Circadian -
Rhythms in Human Performance. *Nature*. 305: 223-226.

Folkard, S., Knauth, P., y Monk, T. (1976) The Effect of Me-
mory Load on the Circadian Variation in Performance Effi-
ciency Under a Rapidly Rotating Shift System. *Ergonomics*.
19(4): 479-488.

- Folkard, S., y Monk, T. (1980) Circadian Rhythms in Human -
Memory. *Brit. Jour. Psychol.* 71: 295-307.
- Franco, L., y Sperry, R. (1977) Hemisphere Lateralization -
for Cognitive Processing of Geometry. *Neuropsychologia.*
15: 107-114.
- Friedman, S., y Fischer, C. (1967) On the Presence of a ---
Rhythmic, Diurnal, Oral Instinctual Drive Cycle in Man. -
Journ. Am. Psychoanal. Assoc. 15: 317-351.
- Gaillard, J. (1980) Electrophysiological Semeiology of -----
Sleep. *Experientia.* 36: 3-6.
- Galaburda, A., LeMay, M., Kemper, T., y Geschwind, N. (1978)
Right-Left Asymmetries in the Brain. *Science.* 199: 852-
856.
- Galin, D., y Ornstein, R. (1972) Lateral Specialization of
Cognitive Mode: An EEG Study. *Psychophysiology.* 9: 412-
415.
- Galin, D., Johnstone, J., y Herron, J. (1978) Effects of.--
Task Difficulty on EEG Measures of Cerebral Engagement. -
Neuropsychologia. 16: 461-472.
- Gazzaniga, M. (1967) The Split Brain in Man. En: *Progress
in Psychobiology: Readings from Scientific American.* 369-
374.
- Gazzaniga, M. (1983) Right Hemisphere Language Following --
Brain Bisection: A 20-Year Perspective. *American Psycho-
logist.* 525-537.
- Geffen, G., Bradshaw, J., y Wallace, G. (1971) Interhemis-
pheric Effects on Reaction Time to Verbal and Nonverbal -
Visual Stimuli. *Journal of Experimental Psychology.* 87:
415-422.
- Geschwind, N. (1981) Especializaciones del Cerebro Humano.
En: *El Cerebro.* Barcelona: Labor. 142-152.
- Geschwind, N., y Levitsky, W. (1968) Human Brain: Left-
Right Asymmetries in Temporal Speech Region. *Science.* --
161: 186-187.
- Gevins, A., Zeitlin, G., Yingling, C., Doyle, J., Dedon, M.,
Schaffer, R., Roumasset, J., y Yeager, C. (1979a) EEG Pa-
tterns During 'Cognitive' Tasks. I. Methodology and Ana-
lysis of Complex Behaviors. *EEG and Clin. Neurophysiol.*

47: 693-703.

- Gevins, A., Zeitlin, G., Doyle, J., Schaffer, R., y Callaway, E. (1979b) EEG Patterns During 'Cognitive' Tasks. - II. Analysis of Controlled Tasks. *EEG and Clin. Neurophysiol.* 47: 704-710.
- Gevins, A., Zeitlin, G., Doyle, J., Yingling, C., Schaffer, R., Callaway, E., y Yeager, C. (1979c) Electroencephalogram Correlates of Higher Cortical Functions. *Science.* - 203: 665-668.
- Globus, G., Phoebus, E., y Moore, C. (1970) REM 'Sleep' Manifestations During Waking. *Psychophysiology.* 7: 308.
- Gordon, H. (1970) Hemispheric Asymmetries in the Perception of Musical Chords. *Cortex.* 6: 387-398.
- Gross, M. (1972) Hemispheric Specialization for Processing of Visually Presented Verbal and Spatial Stimuli. *Perception and Psychophysics.* 12(4): 357-363.
- Gundel, A., y Witthoft, H. (1983) Circadian Rhythm in the EEG of Man. *Int. Journal of Neuroscience.* 19: 287-292.
- Gur, C., y Reivich, M. (1980) Cognitive Task Effects on Hemispheric Blood Flow in Humans: Evidence for Individual Differences in Hemispheric Activation. *Brain and Language.* 9: 78-92.
- Halberg, F., y Lee, J. (1974) Glossary of Selected Chronobiology Terms. En: L. Scheving, F. Halberg y J. Pauly (Eds.) *Chronobiology.* Tokyo: Igaku Shoin. XXXVII-L.
- Harmony, T. (1984a) **Neurometrics: Clinical Applications of Quantitative Electrophysiology. Functional Neuroscience. Vol. 3.** Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Harmony, T. (1984b) Event-Related Potentials and Hemispheric Specialization. En: A. Ardila y F. Ostrosky (Eds.) - **The Right Hemisphere: Neurology and Neuropsychology.** New York: Gordon and Breach. 197-225.
- Hellbrugge, T. (1974) The Development of Circadian and Ultradian Rhythms of Premature and Full-Term Infants. En: L. Scheving, F. Halberg y J. Pauly (Eds.) *Chronobiology.* Tokyo: Igaku Shoin. 339-341.
- Hildebrandt, G. (1974) Circadian Variations of Thermoregulatory Response in Man. En: L. Scheving, F. Halberg y J. -

- Pauly (Eds.) **Chronobiology**. Tokyo: Igaku Shoin. 228-233.
- Hillyard, S. (1985) Electrophysiology of Human Selective -- Attention. *TINS*. 400-405.
- Hillyard, S., y Kutas, M. (1983) Electrophysiology of Cogni- tive Processing. *Ann. Rev. Psychol.* 34: 33-61.
- Hillyard, S., y Woods, D. (1979) Electrophysiological Analy- sis of Human Brain Function. En: M. Gazzaniga (Ed.) **Hand- book of Behavioral Neurobiology, Vol. 2**. New York: Ple- num Publishing Corp. 345-378.
- Hockey, G., Davis, S., y Gram, M. (1972) Forgetting as a -- Function of Sleep at Different Times of Day. *Quarterly - Journal of Experimental Psychology*. 24: 386-393.
- Inouye, S., y Kawamura, H. (1979) Persistence of Circadian Rhythmicity in a Mammalian Hypothalamic 'Island' Contain- ing the Suprachiasmatic Nucleus. *Proc. Nat. Acad. Sci.* - 76: 5962-5966.
- Jacklet, J. (1969) Circadian Rhythm of Optic Nerve Impulses Recorded in Darkness from Isolated Eye of Aplysia. *Scien- ce*. 164: 562-563.
- Jasper, H. (1958) The Ten-Twenty Electrode System of the In- ternational Federation. *EEG and Clin. Neurophysiol.* 10: 371-375.
- John, E. (1977) **Functional Neuroscience, Vol. II. Neurome- trics: Clinical Application of Quantitative Electrophysio- logy**. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associated.
- Kafka, M. (1981) Circadian and Seasonal Rhythms in Alfa and Beta Adrenergic Receptors in Rat Brain. *Brain Research*. 207: 409-419.
- Kasal, C., y Menaker, M. (1979) Circadian Clock in Culture: Nacetyltransferase Activity of Chick Pineal Gland Oscilla- tes in Vitro. *Science*. 203: 656-658.
- Kimura, D. (1961) Some Effects of Temporal-Lobe Damage on - Auditory Perception. *Canad. Journ. Psychol.* 15: 156- 165.
- Kimura, D. (1973) The Asymmetry of the Human Brain. En: R. Thompson (Ed.) **Progress in Psychobiology: Readings --- from Scientific American**. 360-368.

- Kirk, R. (1968) **Experimental Design: Procedures for the Behavioral Sciences.** California: Brooks/Cole Pub.
- Klein, D., Moscovitch, M., y Vigna, C. (1976) Attentional - Mechanisms and Perceptual Asymmetries in Tachistoscopic - Recognition of Words and Faces. *Neuropsychologia.* 14: - 55-66.
- Klein, R., y Armitage, R. (1979) Rhythms in Human Performance: 1 1/2 Hour Oscillations in Cognitive Style. *Science.* 204: 1326-1328.
- Kleitman, N. (1963) **Sleep and Wakefulness.** Chicago: Chicago University Press.
- Kripke, D. (1974) Ultradian Rhythms in Sleep and Wakefulness. En: E. Weitzman (Ed.) **Advances in Sleep Research. Vol. I.** New York: Spectrum Publications, Inc. 305-325.
- Lassen, N., Ingvar, D., y Skinhoj, E. (1981) Función Cerebral y Flujo Sanguíneo. En: **El Cerebro.** Barcelona: Labor. 194-204.
- Lavie, P. (1976) Ultradian Rhythms in the Perception of Two Apparent Motions. *Chronobiologia.* 3: 214-218.
- Lavie, P. (1979) Ultradian Rhythms in Alertness - A Pupillometric Study. *Biol. Psychol.* 9: 49-62.
- Lavie, P. (1981) Ultrashort Sleep-Waking Schedule. I. Evidence of Ultradian Rhythmicity in 'Sleepability'. *EEG -- and Clin. Neurophysiol.* 52: 163-174.
- Lavie, P., Levy, C., y Coolidge, F. (1975) Ultradian Rhythms in the Perception of the Spiral After-Effect. *Physiol. Psychol.* 3: 144-146.
- Lavie, P., Lord, J., y Frank, R. (1974) Basic Rest-Activity Cycles in the Perception of the Spiral After-Effect: A Sensitive Detector of a Basic Biological Rhythm. *Behav. Biol.* 11: 373-379.
- Lee, E. (en prensa) Dichotic Ear Difference is a Poor Measure of the Functional Asymmetry Between the Cerebral Hemispheres.
- Levin, B., Goldstein, A., y Natelson, B. (1978) Ultradian Rhythm of Plasma Noradrenaline in Rhesus Monkeys. *Nature.* 272: 164-166.

- Levy, J. (1983) Individual Differences in Cerebral Hemisphere Asymmetry: Theoretical Issues and Experimental Considerations. En: J. Hellige (Ed.) *Cerebral Hemisphere Asymmetry. Methods, Theory and Applications*. Praeger Publishers. 465-497.
- Levy, J., Nebes, R., y Sperry, R. (1971) Expressive Language in the Surgically Separated Minor Hemisphere. *Cortex*. VII: 49-58.
- Lund, R. (1978) Instability of Circadian Rhythms and Personality Factors. *Ergonomics*. 21(10): 863.
- Luria, A. (1970) The Functional Organization of the Brain. En: *Progress in Psychobiology: Readings from Scientific - American*. 375-382.
- Luria, A. (1977) *Las Funciones Corticales Superiores del Hombre*. La Habana: Orbe.
- Martin du Pan, R. (1974) Some Clinical Applications on Our Knowledge of the Evolution of the Circadian Rhythm in Infants. En: L. Scheving, F. Halberg y J. Pauly (Eds.) *Chronobiology*. Tokyo: Igaku Shoin. 342-347.
- Matousek, M. (Ed.) (1973a) Frequency and Correlation Analysis. En: *Handbook of Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. Amsterdam: Elsevier (Vol. 5A).
- Matousek, M., y Petersen, I. (1973b) Automatic Evaluation of the EEG Background Activity by Means of Age Dependent EEG Quotients. *EEG and Clin. Neurophysiol.* 35: 603-612.
- McKeever, W., y Huling, M. (1971) Lateral Dominance in Tachistoscopic Word Recognition Performance Obtained with Simultaneous Bilateral Input. *Neuropsychologia*. 9: 15-20.
- McLeod, S., y Peacock, L. (1977) Task-Related EEG Asymmetry: Effects of Age and Ability. *Psychophysiology*. 14: 308-311.
- Menaker, M., Takahashi, J., y Eskin, A. (1978) The Physiology of Circadian Pacemakers. *Ann. Rev. Physiol.* 40: 501-526.
- Milner, B. (1979) Memoria y las Regiones Temporales Mediales del Cerebro. En: J. Grinberg (Ed.) *Bases Psicofisiológicas de la Memoria y el Aprendizaje*. Vol. 2. México: Trillas. 67-91.

- Monk, T., Leng, V., Folkard, S., y Weitzman, E. (1983a) Circadian Rhythms in Subjective Alertness and Core Body Temperature. *Chronobiologia*. 10: 49-55.
- Monk, T., Weitzman, E., Fookson, J., Moline, M., Kronauer, R., y Gauder, P. (1983b) Task Variables Determine which Biological Clock Controls Circadian Rhythms in Human Performance. *Nature (Lond.)*. 304: 543-545.
- Monk, T., Weitzman, E., Fookson, J., y Moline, M. (1984) Circadian Rhythms in Human Performance Efficiency Under Free Running Conditions. *Chronobiologia*. 11: 343-354.
- Moore, R., y Eichler, V. (1972) Loss of a Circadian Adrenal Corticosterone Rhythm Following Suprachiasmatic Nucleus - Lesions in the Rat. *Brain Research*. 42: 201-205.
- Moruzzi, G. (1972) The Sleep-Waking Cycle. En: M. Jouvet y G. Moruzzi (Eds.) *Reviews of Physiology: Neuropsychology and Neurochemistry of Sleep and Wakefulness*. Berlin: --- Springer-Verlag. 1-40.
- Naber, D., Wirz-Justice, A., Kafka, M., y Wehr, T. (1980) -- Dopamine Receptor Binding in Rat Striatum: Ultradian Rhythm and its Modification by Chronic Imipramine. *Psychopharmacology*. 68: 1.
- Nachshon, I., y Carmon, A. (1975) Hand Preference in Sequential and Spatial Discrimination Tasks. *Cortex*. 11: 123-131.
- Nakawa, Y. (1980) Continuous Observation of EEG Patterns at Night and in Daytime of Normal Subjects Under Restrained Conditions. I. Quiescent State when Lying Down. *EEG and Clin. Neurophysiol.* 49: 524-537.
- Neuman, D. (1981) Tidal and Lunar Rhythms. En: J. Aschoff (Ed.) *Handbook of Behavioral Neurobiology. Vol. 4 Biological Rhythms*. New York-London: Plenum Press. 351-380.
- Oatley, K., y Goodwin, B. (1971) The Explanation and Investigation of Biological Rhythms. En: P. Colquhoun (Ed.) - *Biological Rhythms and Human Performance*. London-New --- York: Academic Press.
- Djemann, G., y Mateer, C. (1979) Human Language Cortex: Localization of Memory, Syntax and Sequential Motor-Phoneme Identification System. *Science*. 205: 1401-1403.
- Okawa, M., Matousek, M., y Petersen, I. (1984) Spontaneous -

- Vigilance Fluctuations in the Daytime. *Psychophysiology*. 21(2): 207-211.
- Oliverio, A. (1982) Opiate Analgesia: Evidence for Circadian Rhythms in Mice. *Brain Research*. 219: 265-270.
- Oppenheimer, J. (1977) Studies of Brain Asymmetry: Historical Perspective. En: J. Diamond y D. Blizard (Eds.) *Evolution and Lateralization of the Brain*. Annals of the New York Academy of Sciences. New York: The New York Academy of Sciences. 4-17.
- Drem, J., y Keeling, J. (1980) Appendix: A Compendium of Physiology in Sleep. En: J. Drem y Ch. Barnes (Eds.) *Physiology in Sleep*. New York: Academic Press. 315-335.
- Orr, W., Hoffman, H., y Hegge, F. (1974) Ultradian Rhythms in Extended Performance. *Aerosp. Med.* 45: 995-1000.
- Oscar-Berman, M., Rehbein, L., Porfert, A., y Goodglass, H. (1978) Dichhaptic Hand-order Effects with Verbal and Nonverbal Tactile Stimulation. *Brain and Language*. 6: 323-333.
- Othmer, E., Hayden, H., y Segelbaum, R. (1969) Encephalic Cycles During Sleep and Wakefulness in Humans: A 24-Hour Pattern. *Science*. 164: 447-449.
- Palmer, J. (1976) *An Introduction to Biological Rhythms*. New York: Academic Press.
- Patkai, P. (1971) Interindividual Differences in Diurnal Variations in Alertness, Performance, and Adrenaline Secretion. *Acta Physiologica Scandinavica*. 81: 35-46.
- Pauly, J. (1974) Chronobiology: Past Accomplishments and Future Responsibilities. En: L. Scheving, F. Halberg y J. Pauly (Eds.) *Chronobiology*. Tokyo: Igaku Shoin. 3-5.
- Penfield, W. (1979) Engramas en el Cerebro Humano: Mecanismos de Memoria. En: J. Grinberg (Ed.) *Bases Psicofisiológicas de la Memoria y el Aprendizaje. Vol. 2*. México: Trillas. 45-66.
- Piazza, D. (1980) The Influence of Sex and Handedness in the Hemispheric Specialization of Verbal and Nonverbal Tasks. *Neuropsychologia*. 18: 163-176.
- Rapp, P. (1979) An Atlas of Cellular Oscillators. *Journ. Exp. Biol.* 81: 281.

- Rebert, Ch., y Mahoney, R. (1978) Functional Cerebral Asymmetry and Performance. III Reaction Time and Function of Task, Sex and EEG Asymmetry. *Psychophysiology*. 15(1): 9-16.
- Rechtschaffen, A., y Kales, A. (1968) **A Manual of Standardized Terminology, Techniques and Scoring System for Sleep Stages of Human Subjects**. Los Angeles: University Press.
- Reinberg, A. (1982) La Cronofarmacología. *Mundo Científico*. 2(15): 634-646.
- Reinberg, A., y Smolensky, M. (1983) Introduction to Chronobiology. En: A. Reinberg y M. Smolensky (Eds.) **Biological Rhythms and Medicine**. New York: Springer-Verlag. 1-21.
- Rhodes, L., Dustman, R., y Beck, E. (1969) The Visual Evoked Response: A Comparison of Dull and Bright Children. - *EEG and Clin. Neurophysiol.* 27: 364-372.
- Richlin, M., Weisinger, M., Weinstein, S., Giannini, M., y Morganstern, M. (1971) Interhemispheric Asymmetries of Evoked Cortical Responses in Retarded and Normal Children. *Cortex*. 7: 98-104.
- Rosenwasser, A., y Adler, N. (en prensa) Structure and Function in Circadian Timing Systems: Multiple Oscillators -- and Coupling Pathways.
- Rusak, B., y Zucker, I. (1975) Biological Rhythms and Animal Behavior. *Annual Review of Psychology*. 26: 137-171.
- Sackheim, H., Gur, R., y Saucy, M. (1978) Emotions are Expressed More Intensely on the Left Side of the Face. --- *Annals New York Academy of Sciences*. 202: 424-435.
- Scheving, L., Pauly, J., Tsai, T., y Scheving, L.A. (1983) - Chronobiology of Cell Proliferation: Implications for Cancer Chemotherapy. En: A. Reinberg y M. Smolensky (Eds.) - **Biological Rhythms and Medicine**. New York: Springer-Verlag. 79-130.
- Schwartz, W., y Gainer, H. (1977) Suprachiasmatic Nucleus: Use of ¹⁴C 2-Deoxy-D-Glucose Uptake as a Functional Marker. *Science*. 197: 1089-1091.
- Sekuler, R., y Abrahms, M. (1968) Visual Sameness: A Choice Time Analysis of Pattern-Recognition Processes. *Journ. of Experimental Psychology*. 77: 232-238.

- Shankweiler, D., y Studdert-Kennedy, M. (1975) A Continuum - of Lateralization for Speech Perception? *Brain and Language*. 2: 212-225.
- Shaw, J. (1981) An Introduction to the Coherence Function - and its Use in EEG Signal Analysis. *Journal of Medical - Engineering and Technology*. 5(6): 279-288.
- Sisson, T., Roof, A., Kechavarz-Olaj, L., y Shaw, E. (1974) Biological Rhythm of Plasma Human Growth Hormone in Newborns of Low Birth Weight. En: L. Scheving, F. Halberg y J. Pauly (Eds.) *Chronobiology*. Tokyo: Igaku Shoin. 348-352.
- Sperry, R. (1968) Plasticity of Neural Maturation. *Developmental Biology Supplement*. 2: 306-327.
- Sperry, R. (1974) Lateral Specialization in the Surgically Separated Hemispheres. En: F. Schmitt y F. Worden (Eds.) *The Neurosciences Third Study Program*. The MIT Press, -- Cambridge, Mass. 5-19.
- Sperry, R. (1975) La Gran Comisura. En: H. Blume (Ed.) *Psicología Contemporánea. Selecciones del Scientific American*. 46-57.
- Sperry, R., Gazzaniga, M., y Bogen, J. (1969) Interhemispheric Relationships: The Neocortical Commissures; Syndromes of Hemisphere Disconnection. *Handbook of Clin. Neurol.* - 4: 273-290.
- Stephan, F., y Zucker, I. (1972) Circadian Rhythms in Driving Behavior and Locomotor Activity of Rats are Eliminated by Hypothalamic Lesions. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 69: -- 1583-1586.
- Sterman, M. (1970) The REM State: Evidence for its Continued Manifestation as a Basic Physiological Rhythm During Wakefulness in the Cat. *Psychophysiology*. 7: 308.
- Sterman, M., Lucas, E., y MacDonald, L. (1972) Periodicity within Sleep and Operant Performance in the Cat. *Brain - Research*. 38: 327-341.
- Stoynev, A., Ikonomov, D., y Usonoff, K. (1982) Feeding Pattern and Light-Dark Variations in Water Intake and Renal Excretion After Suprachiasmatic Nuclei Lesions in Rats. - *Physiol. Behav.* 29: 35-40.
- Stump, D., y Williams, R. (1980) The Noninvasive Measure-

ment of Regional Cerebral Circulation. *Brain and Language*. 9: 35-46.

Sulzman, F., Fuller, Ch., y Moore-Ede, M. (1977) Feeding Time Synchronizes Primate Circadian Rhythms. *Physiology -- and Behavior*. 18: 775-779.

Thatcher, R., y Cantor, D. (1983a) Electrophysiological Techniques in the Assessment of Malnutrition. En: J. Brozek y B. Schurch (Eds.) *Critical Assessment of Key Issues in Research on Malnutrition and Behavior*. 116-136.

Thatcher, R., McAlaster, R., Lester, M., Horst, R., y Cantor, D. (1983b) Hemispheric EEG Asymmetries Related to Cognitive Functioning in Children. En: A. Perecolman --- (Ed.) *Cognitive Processing in the Right Hemisphere*. New York: Academic Press. 125-146.

Wirz-Justice, A., Tobler, I., Borbely, A., Kafka, M., Naber, D., Marangos, P., y Wehr, T. (1981) Sleep Deprivation: - Effects on Circadian Rhythms of Rat Brain Neurotransmitter Receptors. *Psychiatry Research*. 5(1): 31-38.

Witelson, S. (1974) Hemispheric Specialization for Linguistic and Nonlinguistic Tactual Perception Using a Dichotomous Stimulation Technique. *Cortex*. 10: 3-17.

Zaidel, D., y Sperry, R. (1974) Memory Impairment After Commissurotomy in Man. *Brain*. 97: 263-272.