

141
2ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE PSICOLOGIA

"CAMBIOS ELECTROENCEFALOGRAFICOS DE LA
VIGILIA ASOCIADOS A LA PRIVACION TOTAL DE
SUEÑO Y A SU RECUPERACION EN LA RATA"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
LICENCIADO EN PSICOLOGIA
P R E S E N T A :
ENRIQUE UGALDE ESPARZA

DIRECTOR DE TESIS:
DRA. MARIA CORSI CABRERA

CD. UNIVERSITARIA, D. F.

1992

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue investigar los cambios en la actividad electroencefalográfica (EEG) de la vigilia de la rata, posterior a un periodo de 6 horas de privación total de sueño (PTS) y su recuperación después de 6 horas de sueño. Se utilizaron 9 ratas machos adultas de la cepa Wistar; se registró monopolarmente el EEG en las derivaciones parietal izquierda (PI) y derecha (PD), cada media hora, durante 6 horas de PTS y cada hora, durante 6 horas de recuperación de sueño, registrándose además el EEG de sueño durante las 6 horas de recuperación. Se observaron los siguientes cambios en el EEG con la PTS:

La correlación interparietal de todas las bandas disminuye significativamente, recuperándose, casi en su totalidad, después de 6 horas de sueño.

La potencia absoluta (PA) de las bandas Theta, Alfa1, Alfa2 y la de la banda Total aumentó significativamente. Estos cambios se hacen evidentes a los 150 minutos de la PTS. Se observó un rebote negativo en la PA ya que después de 6 horas de sueño se obtuvieron por debajo de la línea base.

La potencia relativa (PR) de la banda Alfa1 aumenta con la PTS y se recupera, casi en su totalidad, después de 6 horas de recuperación de sueño, en tanto que la potencia relativa de la banda Beta2 muestra la tendencia contraria.

Durante las 6 horas de recuperación de sueño se observaron los siguientes cambios en el EEG:

La correlación interparietal es mayor en SP que en SOL y que en Vigilia, y es casi igual en Vigilia que en el SOL. La PA del SOL es mayor que la de la Vigilia y la PA de ésta es mayor que la del SP. La PR las bandas Alfa1, Alfa2, Beta1 y Beta2 es mayor en SP que en Vigilia y que en SOL.

INDICE

I.	INTRODUCCION	1
II.	MARCO TEORICO	3
	1 Características del sueño en la rata	3
	1.1 Características electroencefalográficas de la vigilia y del sueño en la rata.	3
	1.2 Ciclo circadiano	4
	2 Electroencefalograma	7
	3 Privación de sueño	8
	3.1 Técnicas de privación total de sueño en la rata	8
	4 Efectos de la privación total de sueño sobre el sueño	10
	4.1 Extensión del sueño	10
	4.2 Arquitectura del sueño	10
	4.3 Intensidad del sueño	12
	5 Efectos de la privación de sueño sobre el SNC	13
	6 Efectos de la privación de sueño sobre el organismo	13
	7 Efectos de la privación selectiva de sueño	15
III.	TRABAJO EXPERIMENTAL	16
	1 Introducción	16
	2 Diseño experimental	18
	3 Sujetos	18
	4 Procedimiento	18
	4.1 Implantación	18
	4.2 Registro electroencefalográfico	20
	4.3 Captura de la señal electroencefalográfica	21
	4.4 Análisis de la señal electroencefalográfica	22
	4.5 Análisis estadístico	23
IV	RESULTADOS.	26
	1 Descripción de la conducta de los sujetos	

durante la privación	26
2 Comparación entre los parámetros del EEG de vigilia en la Línea Base, la Privación y la Recuperación	27
2.1 Correlación interparietal	27
2.2 Potencia absoluta	31
2.3 Potencia relativa	35
3 Evolución temporal de los parámetros del EEG durante 6 horas de privación de sueño	39
3.1 Correlación interparietal	39
3.2 Potencia absoluta	41
3.3 Potencia relativa	44
4 Evolución temporal de los parámetros del EEG durante 6 horas de recuperación	46
4.1 Correlación interparietal	46
4.2 Potencia absoluta	48
4.3 Potencia relativa	50
5 Arquitectura del sueño	52
6 Comparación entre los parámetros del EEG de la vigilia y el sueño durante el bloque correspondiente a la hora 4 de la recuperación de sueño.	56
6.1 Correlación interparietal	56
6.2 Potencia absoluta	63
6.3 Potencia relativa	67
7 Comparación entre los parámetros del EEG de la vigilia y el sueño durante el bloque correspondiente a la hora 5 de la recuperación de sueño.	71
7.1 Correlación interparietal	71
7.2 Potencia absoluta	72
7.3 Potencia relativa	74
8 Comparación entre los parámetros del EEG de vigilia y de sueño entre el bloque correspondiente a la hora 4 y el bloque correspondiente a la hora 5 de recuperación de sueño.	76
8.1 Correlación interparietal	76
8.2 Potencia absoluta	78
8.3 Potencia relativa	80
V. DISCUSION	83
VI. BIBLIOGRAFIA	90

II. MARCO TEORICO

1. CARACTERISTICAS DEL SUEÑO EN LA RATA

El sueño en los mamíferos ha sido dividido en dos partes o estadios principales:

1. El sueño de ondas lentas (SOL) que se caracteriza por presentar espigas y ondas lentas de una gran amplitud, así como por la ausencia de movimientos oculares.
2. El sueño de movimientos oculares rápidos (MOR), o sueño paradójico (SP), que se caracteriza por un EEG de baja amplitud con una frecuencia entre 6 y 8 cps, dos de sus características más importantes son: la pérdida del tono muscular y la presencia de movimientos oculares rápidos (Rosenberg, y cols., 1976).

1.1 Características electroencefalográficas de la vigilia y del sueño en la rata

Vigilia alerta.

Se caracteriza por una actividad de frecuencia variable, entre 5 y 8 ciclos por segundo (cps), con un voltaje mediano que varía desde 30 hasta 150 μV .

Vigilia sin atención.

Durante este particular estado de la vigilia se presenta actividad muy rápida, entre 20 y 39 cps, con un voltaje inferior

a los 50 μV .

Sueño lento.

En el transcurso de esta fase del sueño surgen los llamados husos de sueño que van de 10 a 13 cps, asociados a una actividad lenta de bajo voltaje, la cual se encuentra entre 100 y 200 μV . Se pueden diferenciar dos fases de SOL (Takeuchi y col., 1970):

- Sueño ligero: se caracteriza por ondas lentas entre 2 y 3 cps, con un voltaje entre 100 y 200 μV .
- Sueño profundo: las ondas se hacen aún más lentas, entre 1 y 3 cps, el voltaje va de los 100 a los 300 μV .

Sin embargo, la mayoría de los autores no hacen una división de las fases del SOL en la rata, considerando a este como uno solo.

Young y cols. (1970), encontraron que durante el SOL hay mayor potencia absoluta en el espectro, en el rango de frecuencias de 0 a 5 Hz (que corresponde a las bandas delta y una parte de theta), y en el SP hay mayor potencia de las frecuencias de 6 a 9 hz (que corresponde a las bandas de theta y alfa), en comparación con la vigilia.

1.2 Ciclo circadiano.

Muchas funciones biológicas del organismo son moduladas por ritmos circadianos (ciclos de más o menos 24 horas), tal es el caso de la frecuencia cardiaca, la temperatura y la excreción de potasio, las cuales varían en forma rítmica con un ciclo de 24

horas. El sueño en la rata también presenta esta modulación (Corsi-Cabrera, 1983).

La distribución del sueño en la rata durante 24 horas es como sigue: de 24 horas del día el 57% del tiempo lo pasa dormida y el 43% restante lo pasa en vigilia, del 57% que pasa en sueño, el 50% corresponde a SOL y el 7.1% a SP (Tobler y Borbély, 1990).

La cantidad de sueño total es mayor durante el período de luz y menor en el período de oscuridad. Lancel y Kerkhof (1989) han encontrado que durante las horas de luz las ratas tienen 561 minutos de sueño en total (el 78% del tiempo), mientras que en el período de oscuridad tienen 182 minutos (el 35% del tiempo). Tobler y Jaggy (1987) presentan porcentajes similares en el hamster Siriam, en el período de luz pasan el 78% dormidos y en el período de oscuridad el 51%.

No sólo el tiempo total de sueño cambia de acuerdo con la hora circadiana, sino también la distribución del SOL y del SP. En el período de luz la rata pasa el 69% del tiempo en SOL, el 10% en SP y lo restante en vigilia, y en el período de oscuridad pasa el 32% del tiempo en SOL, el 3% en SP y lo restante en vigilia (Lancel y Kerkhof, 1989).

También el EEG del sueño muestra variaciones circadianas. El SOL durante el día tiene mayor potencia en las frecuencias comprendidas entre 0 y 4 Hz, y el SP en las frecuencias que se encuentran entre 5-9 Hz. en comparación con el SOL y el SP de la oscuridad, en los cuales hay menos potencia en las frecuencias arriba mencionadas (Young y cols., 1978; Steinfels y cols.,

1980).

En animales con ciclos de sueño polifásicos, como la rata, la privación tiene un efecto mayor cuando ésta se realiza durante la fase circadiana en la que el organismo regularmente duerme, o en la que ocupa el mayor tiempo en dormir, (Tobler y Borbély, 1990), esto quiere decir que el efecto de la privación de sueño está modulado por el ritmo circadiano.

Si la privación de sueño (por 12 horas) se realiza durante el periodo de luz, el rebote es mayor en comparación a cuando la privación se lleva a cabo durante el periodo de oscuridad. Lancel y Kerkhof (1989) encontraron que cuando se priva por 12 horas durante el periodo de luz el rebote a las 24 horas posteriores a la privación es el siguiente: el tiempo total de sueño se incrementa del 57% al 61%, el SOL del 49% al 53% y el SP disminuye del 7.1% al 6.6%. Mientras que cuando la privación se realiza en el periodo de oscuridad el tiempo total de sueño aumenta del 57% al 61%, el SOL aumenta del 51% al 53% y el SP se incrementa del 6.8 al 7.1%.

Tobler y Borbély (1990) encontraron que después de 6 horas de privación de sueño durante la fase diurna, se incrementa la actividad de ondas lentas. Es decir, que 6 horas de falta de sueño son suficientes para afectar el EEG. Además reportaron que 6 horas de recuperación son suficientes para regresar al estado original del EEG. Sus trabajos reportan cantidades de sueño durante la recuperación del mismo muy similares a las reportadas por Lancel y Kerkhof con 12 y 24 horas de privación de sueño.

Por ésta razón proponen que, el cambio tan pequeño en la extensión del sueño, posterior a las 12 horas de recuperación es compensado gracias a los cambios en la intensidad del sueño.

2. ELECTROENCEFALOGRAMA (EEG)

El electroencefalograma o EEG es una técnica que permite conocer el funcionamiento cerebral a través del registro de su actividad eléctrica. Su empleo ha permitido discriminar entre distintos estados fisiológicos que pueden ir desde la vigilia hasta la muerte pasando por estados intermedios como son: el coma, la anestesia, el sueño, la atención, etc.

El análisis matemático de las señales electroencefalográficas nos permite extraer una gran cantidad de información concerniente al estado fisiológico del organismo, que escapa a la simple inspección visual.

Entre los análisis matemáticos utilizados se encuentra la Transformada Rápida de Fourier (TRF) y la correlación cruzada de Pearson.

La TRF descompone una señal compleja en las frecuencias que la componen, obteniéndose así la potencia de cada frecuencia o de un conjunto de ellas (bandas del EEG). A partir de la Potencia Absoluta (PA) puede obtenerse la Potencia Relativa de cada banda, que es el porcentaje de potencia de cada una de las frecuencias, tomando el 100% como la potencia total. Las bandas del EEG se agrupan según su frecuencia, así un conjunto de frecuencias

conforman a la banda Delta, otras frecuencias componen a la banda Theta, después y en forma progresiva siguen las bandas Alfa1, Alfa2, Beta1 y Beta2.

El análisis de la correlación cruzada proporciona información acerca del grado de semejanza morfológica, así como de la fase en el tiempo, entre dos zonas del cerebro momento a momento. Los valores oscilan entre -1 y 1, siendo 0 el índice que nos indica una ausencia de correlación (Harmony y cols., 1987). Este índice refleja la relación funcional entre dos zonas del cerebro; se ha utilizado para investigar los cambios en la organización funcional del cerebro en relación con diversos estados conductuales o fisiológicos (Shaw, 1984). Como por ejemplo, algunos estudios lo han empleado durante el sueño encontrando que la correlación interhemisférica es mayor en el sueño que durante la vigilia en el humano (Dumermuth y Lehman, 1981; Banquet, 1983; Corsi-Cabrera y cols. 1990 a) y en la rata (Corsi-Cabrera y cols. 1988 a).

3. PRIVACION DE SUERO

3.1 Técnicas de privación total de sueño en la rata.

Existen diversas formas de privar de sueño a las ratas, la más empleada consiste en colocar al animal sobre una rueda vertical en continuo movimiento, parcialmente sumergida en agua. Aún se discute sobre la validez de los resultados obtenidos, ya que esta técnica provoca cansancio físico y estrés generado por el

continuo movimiento de la rueda y por las caídas al agua, cada vez que se queda dormida la rata (Ferguson y Dement, 1967; Friedman y cols., 1979).

Otra técnica que se ha utilizado es la estimulación eléctrica de la formación reticular cada vez que aparecen signos de sueño, pero se ha observado que ésta solamente es útil los primeros días, después de los cuales se tienen que cambiar los parámetros de estimulación hasta que se alcanzan los límites aceptados de intensidad. Si se continúa estimulando más se provocan efectos colaterales (Corsi-Cabrera, 1983).

Una técnica más reciente es la empleada por Rechtschaffen y cols. (1989), que consiste en colocar al animal sobre un disco giratorio en forma horizontal, rodeado de agua, éste se activa cuando los impulsos eléctricos que son transmitidos por medio de los electrodos implantados en el cerebro del animal, conducen frecuencias iguales a las del sueño, estos impulsos al ser detectados por una computadora, hacen girar el disco. El movimiento despierta al animal que choca contra la pared o cae al agua, este método reduce el estrés y el cansancio físico producido con otros métodos (Bergman y cols., 1989).

Borbély y cols., (1984), han empleado la técnica manual que consiste en estar observando continuamente al animal y moverlo manualmente cada vez que aparecen signos de sueño, de tal forma que no se le permite dormir, reduciendo en forma considerable el estrés ocasionado por la utilización de otro tipo de métodos.

4. EFECTOS DE LA PRIVACION TOTAL DE SUEÑO SOBRE EL SUEÑO

Entre los cambios que ocurren en el sueño, como consecuencia de la privación, se pueden separar tres grandes categorías: una se refiere a la extensión, la otra se refiere a la arquitectura y la última se refiere a la intensidad del sueño.

4.1 Extensión del sueño.

El efecto más obvio de la privación total de sueño (PTS) es la presencia de un rebote del mismo. Esto es, un incremento del tiempo total de sueño durante la recuperación en comparación con el valor encontrado durante la línea base.

En la rata, con períodos de privación largos (promedio de 18 días), se ha observado un incremento significativo en la cantidad total de sueño que se mantiene hasta por 10 días, el cambio es más evidente en las primeras 4 horas de recuperación, este incremento en la cantidad de sueño es del 53% al 75% (Everson y cols., 1989; Rechtschaffen y cols., 1989).

4.2 Arquitectura del sueño.

La latencia del sueño, después de la privación total del mismo, es frecuentemente más larga en comparación a las condiciones normales (Tobler y Borbély, 1990).

Friedman y cols. (1979), encontraron que después de 24 horas de PTS, la rata tarda aproximadamente 52.2 minutos en dormirse por primera vez.

La duración promedio y el número de episodios de SOL y de SP, no cambia después de 24 horas de PTS. En cambio, la duración de los episodios de vigilia se prolonga significativamente y el número de episodios de vigilia baja (Tobler y Jaggy, 1987).

Después de 18 días en promedio, de PTS en la rata, la cantidad de SOL se reduce significativamente en los primeros 10 días de la recuperación, del 19% obtenido antes de la privación al 14%. Esta disminución se observa sobre todo en las primeras cuatro horas de recuperación (de 19% al 3%). El SP, en cambio, se incrementa significativamente, del 5% obtenido antes de la privación al 54% en las primeras cuatro horas de recuperación de sueño, el aumento persiste (10%) hasta por 15 días (Everson y cols., 1989).

En la rata, la PTS durante 24 horas, provoca en la recuperación, un decremento no significativo de la cantidad total del SOL del 61% al 59% y un incremento significativo en la cantidad total de SP, este incremento fue del 13% al 23% (Tobler y Borbély, 1986).

En cambio, después de 6 horas de PTS en la rata, el porcentaje de SOL aumenta significativamente del 58% al 68% y el SP no presenta cambios (Tobler y Borbély, 1990).

En otras especies la PTS tiene efectos similares. En el gato, después de 14 horas de PTS, no se observa ningún rebote en el SOL; sin embargo, en el SP sí hay un incremento el cual va del 12% al 18% (Kiyono y cols. 1965). La privación durante 24 horas, provoca un aumento hasta del 100% en la cantidad de SP, durante las primeras dos horas de recuperación, que sigue siendo aún

mayor dentro de las 8 horas posteriores a la privación de sueño. El SOL, en cambio, se reduce significativamente en las 3 primeras horas (Borbély y cols., 1984).

En el hamster Syrian se observan resultados similares a los encontrados en el gato y en la rata con 24 horas de PTS, el SOL se reduce significativamente mientras que el SP se incrementa (Tobler y Jaggy, 1987).

En otro tipo de roedor, el sibiricus Eutamias solamente se observa un incremento significativo en el SP (Dijk y Daan, 1989).

4.3 Intensidad del sueño.

Además de los cambios mencionados, en la recuperación se observa un incremento en el voltaje de las ondas lentas, sobre todo de la banda de delta. Este cambio ha sido observado en la rata (Rosenberg, y cols., 1976; Trachsel, y cols., 1989; Lancel y Kerkhof, 1989; Tobler y cols., 1990), en el hamster Syrian (Tobler y Jaggy, 1987), en el sibiricus Eutamias (Dijk y Daan, 1987) y en el gato (Kiyono y cols., 1965; Tobler y Scherchlicht, 1990). También se ha observado un incremento de los fenómenos fásicos como los movimientos de los ojos.

Estos cambios, Borbély y Tobler (1990) los han interpretado como un índice de mayor intensidad del sueño, lo que explicaría porqué la extensión del SOL no es mucho mayor después de una privación prolongada de sueño.

5. EFECTOS DE LA PRIVACION DE SUEÑO SOBRE EL SNC.

Se ha observado que la privación total de sueño produce un aumento de la excitabilidad cerebral que puede conducir a empeorar o incluso a precipitar enfermedades tales como la epilepsia (Corsi-Cabrera, 1983).

En la rata, después de 6 días de privación de SP se reduce el umbral de excitabilidad cortical para provocar choques electroconvulsivos (Cohen y Dement, 1965). Los mismos efectos se obtuvieron en gatos (Cohen y cols., 1967 y 1970) y en ratones (Hartman y cols., 1968; Handwerker y Fishbein, 1975), encontrándose además un aumento en la duración de la fase tónica de la convulsión.

6. EFECTOS DE LA PRIVACION DE SUEÑO SOBRE EL ORGANISMO

Se han observado diversos cambios en el organismo cuando a éste se le priva de sueño.

En el ser humano la privación de sueño se ha prolongado hasta 11 días (Friedman y cols., 1979). Después del 3er día los sujetos empiezan a reportar un déficit general del organismo que se manifiesta en una dificultad para mantener la atención, en la aparición de microsueños, en un aumento de las ondas lentas y disminución de las rápidas (sobre todo de alfa), en un deterioro en la ejecución de tareas y en alteraciones perceptuales. Normalmente se ha podido privar de sueño total al ser humano durante 100 horas después de las cuales se hace casi imposible

prolongar por más tiempo ésta (Campbell y cols., 1980; Corsi-Cabrera, 1983).

Rechtschaffen (1989) ha mantenido la vigilia por un lapso de tiempo más prolongado en la rata, observándose lo siguiente:

1. La rata resiste entre 11 y 32 días privada de sueño total (n = 9) y entre 16 y 54 días privada de SP (n = 12), antes de morir.
2. La apariencia de la rata es en extremo delgada y se acompaña de una debilidad progresiva.
3. El pelo descuidado y amarillento.
4. Lesiones en la piel localizadas en la cola y en las plantas de las patas, en forma de úlceras severas.
5. Incremento en la ingesta de comida.
6. Pérdida de peso.
7. Incremento en el gasto energético.
8. Decremento en la temperatura corporal.
9. Incremento de norepinefrina y decremento de tiroxina en el plasma.

No se conocen las causas de éstos cambios pero preceden a la muerte del animal.

7. EFECTOS DE LA PRIVACION SELECTIVA DE SUERO

La importancia de realizar este tipo de estudios, es conocer si la supresión de una etapa de sueño es compensada por un aumento en cualquiera de las otras, o si provoca solamente un aumento de la misma, lo que querría decir que las etapas no son intercambiables y que cada una de ellas es importante.

La privación de SP provoca un aumento en la cantidad de intentos por entrar a SP, así como un incremento del mismo durante la recuperación (Kales y cols., 1964).

La privación de SP en la rata ocasiona un decremento en la duración del SOL, así como un incremento significativo del SP. Este incremento parece guardar una relación directa con el tiempo transcurrido en la privación. La recuperación de SP se da hasta en un 60%, durante el doble de tiempo al de la privación.

También se observa que conforme transcurre el tiempo de privación de SP hay un aumento en la excitabilidad del SNC (Corsi-Cabrera, 1983).

III TRABAJO EXPERIMENTAL

1. INTRODUCCION

En la sección anterior se revisaron investigaciones enfocadas a conocer los efectos de la privación de sueño. Los resultados obtenidos indican que durante el dormir se llevan a cabo procesos importantes para el organismo y que como resultado de éste nos encontramos repuestos. De tal suerte, se ha propuesto algún tipo de función revitalizadora para el sueño. Sin embargo, la naturaleza de dichos procesos es aún desconocida aunque se sabe que son importantes para el SNC.

De las observaciones reportadas en el capítulo anterior, podemos concluir que el EEG ha mostrado ser una herramienta útil para investigar los cambios en el funcionamiento cerebral provocados por el sueño y la falta de éste. Corsi-Cabrera y cols. (1989 a y b), han encontrado cambios en el funcionamiento cerebral después de la privación de sueño, empleando el EEG. Los cambios observados en el hombre son los siguientes; la correlación interhemisférica es más alta después del sueño, tanto en la mañana como en la noche después de dormir durante el día, y es menor, ya sea en la mañana o en la noche, después de la privación de sueño. La PA fue mayor durante la privación y menor después de haber dormido, excepto para las bandas delta y alfa, la potencia relativa de la banda beta disminuye después de dormir, en tanto que la de las otras bandas aumenta.

El objetivo del presente trabajo es investigar si los resultados encontrados con la privación total de sueño en el ser humano se replican en animales inferiores como la rata. Con este objetivo se privó de sueño a un grupo de ratas y se registró el EEG de la vigilia, durante la privación total de sueño y durante la recuperación del mismo.

músculos de la nuca, posteriormente, se separó el periostio y se implantaron los siguientes electrodos:

A: Dos electrodos en la corteza parietal, uno en el hemisferio derecho y otro en el hemisferio izquierdo, consistentes en pijas de acero galvanizado, que se atornillaron en el cráneo hasta rozar la duramadre. Estas se situaron a tres milímetros posteriores a Bregma y a tres milímetros laterales a la línea media.

B: Dos electrodos más se colocaron en el hueso frontal, a once milímetros anteriores a Bregma y dos milímetros laterales a la línea media.

C: Dos electrodos hechos de alambre de acero inoxidable de 200 micras de diámetro, los cuales estaban completamente aislados, menos en las puntas. Uno de los extremos de cada electrodo se soldó a una pija de acero galvanizado, la cual se encontraba aislada en la parte de abajo con cemento acrílico dental, el otro extremo se insertó en los músculos de la nuca (uno en el lado derecho y otro en el lado izquierdo), con una separación de 6 milímetros entre ellos, para el registro de la actividad electromiográfica (EMG).

- Al terminar la cirugía, los electrodos se fijaron en el cráneo con cemento acrílico dental y la herida en el cuello fue suturada.
- Se inyectaron 40,000 unidades de benzetacil (1'200,000) suspensión, para evitar procesos infecciosos.

4.2 Registro electroencefalográfico

- Después de 7 días de recuperación de la cirugía y un día antes de proceder al registro, la rata tuvo 4 horas de habituación a la condición experimental, que consistió en trasladarla dentro de su propia vivienda (con acceso libre a comida y agua), al lugar del registro donde se colocaron los conectores.
- Para tomar el registro, se trasladó individualmente a la rata, dentro de su propia vivienda (con acceso libre a comida y agua), a una cámara sonoamortiguada, la cual se encontraba iluminada como si fuera de día.
- El registro se inició a las 8 hrs y concluyó a las 20 hrs.

A) Privación total de sueño (PTS): en esta condición se estuvo observando continuamente a la rata, y no se le permitió dormir. Para la privación se utilizaron medios manuales, ya que se ha visto, causan menor estrés que otro tipo de procedimientos (Borbély y cols., 1984). Se registró cada media hora durante 6 hrs, con un horario de las 8:00 a las 14:00, con el siguiente procedimiento:

* Cada 30 minutos, se tomaron 10 muestras de vigilia de 2.048 seg., cada una (V030, V060, V090, V120, V150, V180, V210, V240, V270, V300, V330, V360).

- Se registró la actividad EEG en forma monopolar de las derivaciones parietales (activas) referidas al hueso frontal (inactivo), con un polígrafo Grass modelo 8-16 E, con filtros de corte entre 1 y 35 Hz.

- Para el registro de la actividad muscular se filtro entre 5 y 10 Khz.

B) Recuperación (R): consistió en dejar dormir "libremente" a la rata y registrar el sueño y la vigilia de las 14:00 a las 20:00 hrs. con el siguiente procedimiento:

- * Cada hora se despertaba a la rata y se le tomaban 10 muestras de vigilia de 2.048 seg., cada una (V01, V02, V03, V04, V05, V06).
- * Se registraron 10 muestras del primer SOL que apareció durante cada bloque de una hora.
- * De la misma manera, se tomaron 10 muestras del primer SP que apareció en cada bloque de una hora.

- El registro poligráfico (en el papel) se hizo en forma continua y durante las 6 horas que duró la recuperación.
- Se registró la actividad EEG en forma monopolar de las derivaciones parietales (activas) referidas al hueso frontal (inactivo), con un polígrafo Grass modelo 8-16 E. con filtros de corte entre 1 y 35 Hz.
- Para el registro de la actividad muscular se filtro entre 5 y 10 Khz.

4.3 Captura de la señal electroencefalográfica

La captura de la señal EEG se realizó en línea con una computadora tipo PC. a través de un convertidor analógico digital con 12 bits de resolución y un rango de voltaje de -1 a +1 volt.

Cada muestra fue de 256 puntos, con una duración total de 2.048 seg. y una frecuencia de muestreo de 125 Hz (8 milisegundos entre punto y punto).

Se tomaron al azar 10 muestras de EEG, libres de artefactos, para cada derivación durante la vigilia en la condición de PTS y durante la vigilia, el SOL y el SP de la condición de R.

4.4 Análisis de la señal electroencefalográfica

Por medio de la Transformada Rápida de Fourier (TRF) se descompuso la señal en bandas de EEG para el análisis de cada condición. Se obtuvo la potencia absoluta (PA), energía total de la señal, así como la potencia relativa (PR), proporción de cada componente de la señal.

Los rangos de frecuencia de las bandas del EEG fueron las siguientes:

DELTA : 1.5 a 3.4 Hz.

THETA : 3.9 a 7.3 Hz.

ALFA1 : 7.8 a 9.3 Hz.

ALFA2 : 9.8 a 12.2 Hz.

BETA1 : 12.7 a 17.6 Hz.

BETA2 : 18.1 a 24.9 Hz.

TOTAL : 1.5 a 24.9 Hz.

Se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson, para medir la similitud en forma y/o fase de las señales entre las

derivaciones parietal izquierda y parietal derecha para cada banda, en cada condición.

4.5 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se transformaron a logaritmos los valores de potencia absoluta mediante la fórmula $y = \ln(x)$; así como los valores de la potencia relativa con la fórmula $y = \log(x/(100-x))$, y los valores de correlación a puntajes "Z" de Fisher (John, 1977).

Se realizaron los siguientes análisis para estos parámetros:

A: El EEG de las vigiliass;

Se compararon los parámetros del EEG (potencia absoluta, potencia relativa y correlación interhemisférica) de la vigilia inicial o línea base (LB = V030), de la vigilia después de 6 horas de privación (PTS = V360) y de la vigilia después de 6 horas de recuperación (RS = V06).

- Para el análisis de la potencia absoluta y relativa se hizo un análisis de varianza de bloques aleatorizados de dos factores (A = vigiliass, B = hemisferios), para cada banda, por separado.
- Para el análisis de la correlación interhemisférica se hizo un análisis de varianza de bloques aleatorizados de dos factores (A = condiciones, B = bandas).
- Con el fin de conocer la evolución temporal de los parámetros de la vigilia durante 6 horas de privación y durante 6 horas de recuperación se realizó una correlación

(r de Pearson), entre el tiempo transcurrido en vigilia y los parámetros del EEG, para la privación y la recuperación, por separado.

- También se realizó una prueba de comparaciones múltiples para conocer, siempre que fuera necesario, como se comportaban las diferentes condiciones (Línea Base, Privación y Recuperación), en las bandas del EEG.

B. El EEG del sueño;

- Se compararon los parámetros EEG del SOL, del SP y de la vigilia, mediante un análisis de varianza de dos factores, en el caso de la correlación (A - etapas, B - bandas) y, en el caso de la potencia absoluta y de la potencia relativa se hizo el análisis para cada banda por separado (A - etapas, B - hemisferios).
- Se hizo una prueba de comparaciones múltiples para conocer, siempre que fuera necesario, como se comportaban las diferentes condiciones (Vigilia, SOL y SP), en las bandas del EEG.

Los análisis de correlación se hicieron con el objeto de corroborar los resultados encontrados en investigaciones previas (Corsi-Cabrera y cols., 1990 b), en las cuales se presentó un aumento en la correlación en las dos fases del sueño (SOL y SP) en comparación con la vigilia. Esta comparación se realizó con los últimos bloques de una hora de sueño, dado que los primeros bloques están contaminados por el efecto de la privación y por tal motivo no pueden ser considerados como representativos del sueño en su periodo regular.

Se compararon también los parámetros del EEG de la vigilia, el sueño de ondas lentas y el sueño paradójico entre los bloques 4 y 5, con el objeto de conocer si se presentaban diferencias entre sí, o por el contrario se mantenían estables.

Con el registro poligráfico se contabilizó el tiempo transcurrido en la condición de recuperación en Vigilia, SOL y SP, por separado realizándose un Andeva de dos factores (A = condiciones, B = tiempo).

RESULTADOS

1. DESCRIPCION DE LA CONDUCTA DE LOS SUJETOS DURANTE LA PRIVACION

Al inicio de la sesión experimental, las ratas estaban tranquilas y no presentaban signos de sueño, alrededor de la segunda hora empezaron a adoptar una posición propia del sueño en la rata que consiste en echarse sobre sus cuatro patas y meter la cabeza entre el vientre y sus patas delanteras. Después de la cuarta hora de privación de sueño mostraban signos evidentes de sueño los cuales consistieron en adoptar la posición arriba mencionada y de taparse por completo con aserrín, aparte de mostrar poco interés en el medio y de cierta agresión al tratar de moverlos para que se mantuvieran despiertos. En la quinta y sexta horas de privación de sueño fue aún más difícil mantenerlos despiertos.

Además de los cambios antes mencionados, los sujetos mostraban una quietud constante, como si físicamente estuvieran cansados.

2. COMPARACION ENTRE LOS PARAMETROS DEL EEG DE VIGILIA EN LA LINEA BASE, LA PRIVACION Y LA RECUPERACION.

2.1. Correlación interparietal

Los valores de correlación, transformados a puntajes Z de Fisher, observados durante la vigilia en la Línea Base, la Privación y la Recuperación, se muestran en la tabla 1.

TABLA 1: Media (\bar{X}) y Desviación Estándar (DE) de los valores de la correlación interparietal, transformados a puntajes Z de Fisher, de la Línea Base, la Privación y la Recuperación.

	Línea Base		Privación		Recuperación	
	\bar{X}	DE	\bar{X}	DE	\bar{X}	DE
DELTA	1.514	0.384	1.374	0.265	1.439	0.342
THETA	1.697	0.263	1.449	0.242	1.591	0.260
ALFA1	1.717	0.292	1.603	0.277	1.644	0.315
ALFA2	1.323	0.143	1.187	0.197	1.323	0.198
BETA1	1.160	0.106	1.073	0.098	1.149	0.178
BETA2	0.967	0.201	0.794	0.095	0.949	0.164
TOTAL	1.519	0.231	1.363	0.154	1.439	0.247

Los análisis de varianza (condiciones x bandas), mostraron los siguientes resultados:

- El efecto principal de condiciones fue significativo ($F(2,102)=4.96$; $p=0.009$), al igual que el de bandas ($F(5,102)=34.36$; $p<0.001$). La interacción no fue significativa.

Como puede verse en la fig. 1. la correlación interparietal disminuye con la privación de sueño y se recupera casi en su totalidad después de las 6 horas de sueño. La diferencia entre la Línea Base y la Privación, fue significativa con una probabilidad menor a 0.05.

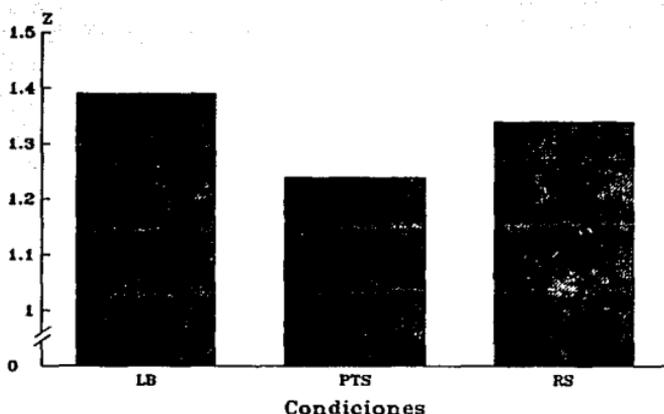


FIG. 1: Efecto principal de la correlación interparietal, transformada a puntajes Z de Fisher, antes de la privación total de sueño (LB), después de 6 horas de privación total de sueño (PTS) y después de 6 horas de recuperación de sueño (RS).

La correlación interparietal fue mayor para las bandas lentas (Delta, Theta y Alfa1), y menor para las bandas rápidas (Alfa2, Beta1 y Beta2) (fig. 2).

La diferencia entre las bandas fue significativa con excepción de algunas cercanas entre sí o de algunas comparadas con la banda Delta (tabla 2).

La correlación obtenida durante la Línea Base y durante la Recuperación de sueño fue mayor que la correlación obtenida durante la Privación total de sueño, en cada una de las bandas (fig. 2).

TABLA 2: Resultados de la comparación entre las medias de la correlación interparietal durante la Línea Base, la Privación y la Recuperación, para cada banda (Prueba de rangos de Duncan).

\bar{X}	vs	\bar{X}	p
ALFA1	-	BETA2	<0.01
ALFA1	-	BETA1	<0.01
ALFA1	-	ALFA2	<0.01
ALFA1	-	DELTA	-
ALFA1	-	THETA	-
THETA	-	BETA2	<0.01
THETA	-	BETA1	<0.01
THETA	-	ALFA2	<0.05
THETA	-	DELTA	-
DELTA	-	BETA2	<0.01
DELTA	-	BETA1	<0.05
DELTA	-	ALFA2	-
ALFA2	-	BETA2	<0.01
ALFA2	-	BETA1	-
BETA1	-	BETA2	-

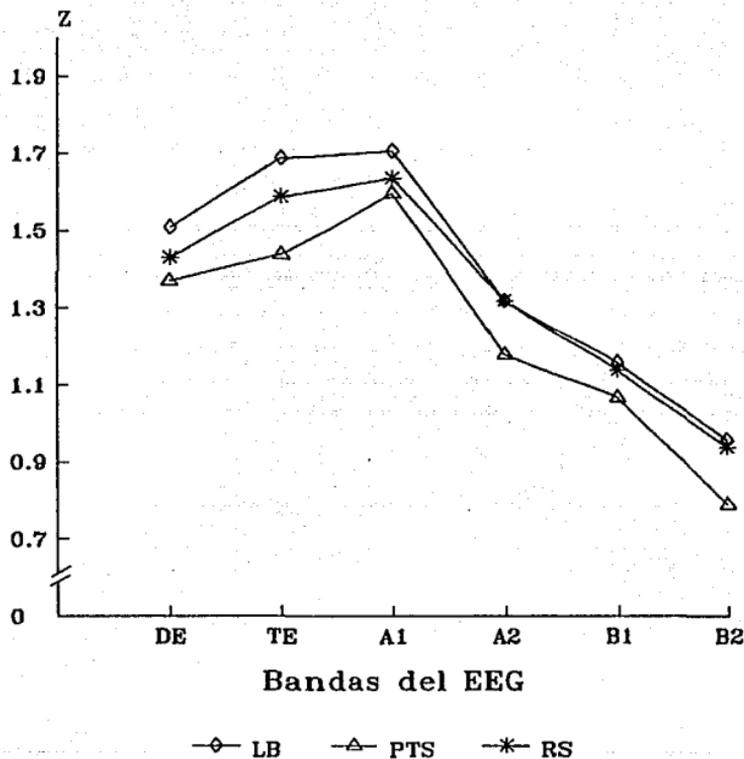


FIG. 2: Efecto principal de la correlación interparietal, transformada a puntajes Z de Fisher, para las bandas Delta (DE), Theta (TE), Alfa1 (A1), Alfa2 (A2), Beta1 (B1) y Beta2 (B2). Antes de la privación total de sueño (LB), después de 6 horas de privación total de sueño (PTS), y después de 6 horas de recuperación de sueño (RS).

2.2 Potencia absoluta (PA)

Los valores de PA, transformados a logaritmos, observados durante la vigilia en la Línea Base, la Privación y la Recuperación se encuentran en la tabla 3.

TABLA 3: Media (\bar{X}) y Desviación Estándar (DE) de los valores de potencia absoluta de parietal izquierdo (PI) y parietal derecho (PD), transformados a logaritmos, de la Línea Base, la Privación y la Recuperación.

		Línea base		Privación		Recuperación	
		PI	PD	PI	PD	PI	PD
DELTA	\bar{X}	8.003	8.187	8.114	8.156	7.849	7.859
	DE	0.530	0.328	0.496	0.319	0.600	0.360
THETA	\bar{X}	7.884	7.911	7.900	7.919	7.696	7.723
	DE	0.700	0.614	0.831	0.730	0.814	0.652
ALFA1	\bar{X}	6.700	6.704	6.867	6.936	6.346	6.356
	DE	0.763	0.779	0.706	0.702	0.723	0.676
ALFA2	\bar{X}	5.757	5.786	5.986	5.994	5.653	5.621
	DE	0.531	0.546	0.493	0.568	0.659	0.591
BETA1	\bar{X}	5.819	5.804	5.910	5.843	5.653	5.564
	DE	0.441	0.468	0.425	0.356	0.525	0.427
BETA2	\bar{X}	5.556	5.471	5.404	5.384	5.377	5.349
	DE	0.373	0.479	0.428	0.388	0.288	0.329
TOTAL	\bar{X}	8.934	9.027	9.040	9.051	8.747	8.754
	DE	0.572	0.430	0.553	0.471	0.640	0.470

Los análisis de varianza (condiciones x hemisferios) realizados para cada banda por separado mostraron los siguientes resultados:

- El factor condiciones (LB, PTS y RS) fue significativo para la PA de las bandas Theta, Alfa1, Alfa2 y para la

banda Total (tabla 4).

- El factor hemisferios (PI, PD) no fue significativo para ninguna banda, tampoco se observó ninguna interacción como puede verse en la tabla 4.

TABLA 4: Resultados de los ANDEVAS de dos factores (condiciones x hemisferios), para la potencia absoluta de cada banda.

	A - FACTOR CONDICIONES gl = 2.30		B - FACTOR HEMISFERIOS gl = 1.30		AXB gl = 2,30	
	F	p	F	p	F	p
DELTA	3.08	0.059	0.61	0.555	0.29	0.757
THETA	3.73	0.035*	0.13	0.720	0.00	0.998
ALFA1	14.67	<0.001*	0.11	0.743	0.06	0.942
ALFA2	3.38	0.046*	0.02	0.882	0.04	0.957
BETA1	3.20	0.054	0.40	0.541	0.06	0.942
BETA2	1.62	0.214	0.38	0.551	0.08	0.925
TOTAL	7.70	0.002*	0.33	0.576	0.19	0.832

- La PA de las bandas Theta, Alfa1, Alfa2 y de la banda Total, aumentó significativamente con la privación de sueño; la banda Beta1 mostró una tendencia no significativa a aumentar con la privación de sueño, y solamente en la banda Beta2 se observó la tendencia contraria. Después de 6 horas de sueño la PA de todas las bandas disminuyó (fig. 3 A y B).

La diferencia entre la Línea Base y la Recuperación fue significativa para las bandas Theta, Alfa1 y la banda

Total, siendo mayor en la Línea Base. La comparación entre la privación y la recuperación nos indica que la PA fue mayor durante la privación en todas las bandas, excepto para la banda Beta2 (tabla 5).

TABLA 5: Resultados de la comparación entre medias de potencia absoluta durante la Línea Base (LB), la Privación (PTS) y la Recuperación (REC), para cada banda (Prueba de rangos de Duncan).

	DELTA	THETA	ALFA1	ALFA2	BETA1	BETA2	TOTAL
PTS-REC	<.05	<.05	<.01	<.05	<.05	--	<.01
PTS- LB	--	--	--	--	--	--	--
LB -REC	--	<.05	<.01	--	--	--	<.01

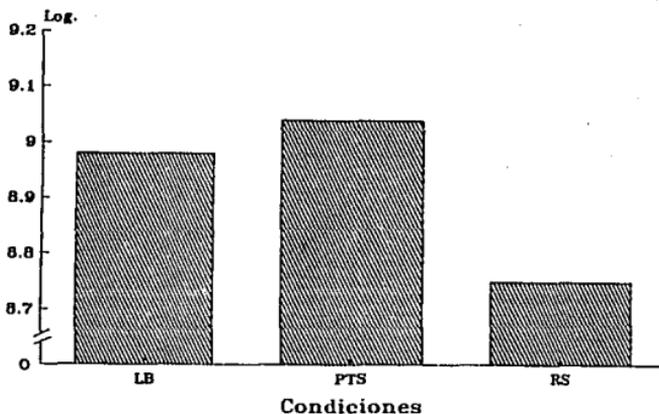


FIG. 3(A): Efecto principal de la potencia absoluta transformada a logaritmos para la banda Total. Antes de la privación total de sueño (LB), después de 6 horas de privación total de sueño (PTS) y después de 6 horas de recuperación de sueño (RS).

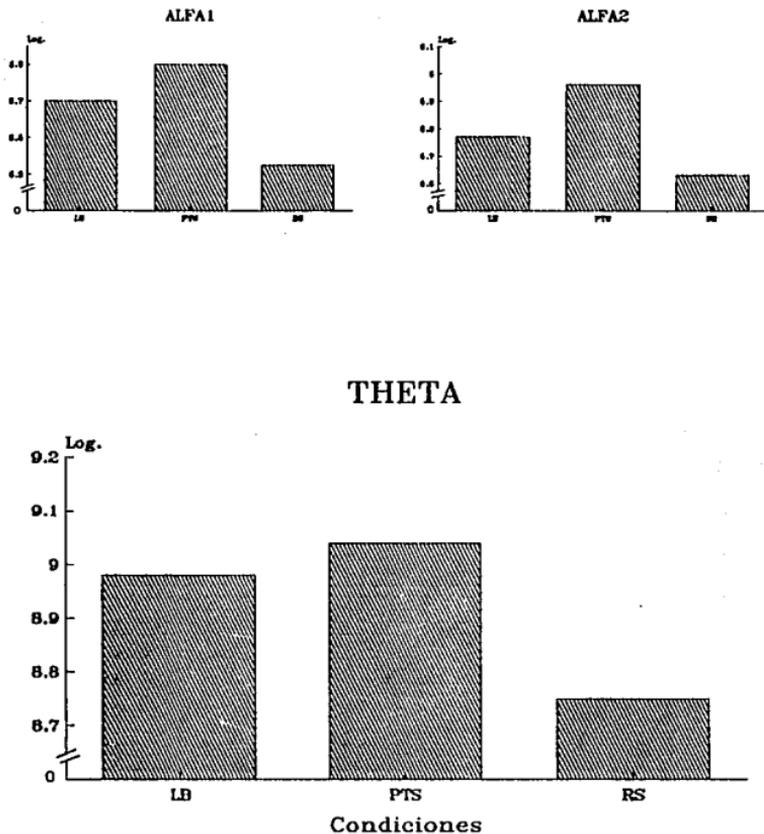


FIG. 3(B): Efecto principal de la potencia absoluta transformada a logaritmos para las bandas: Theta, Alfa1, Alfa2. Antes de la privación total de sueño (LB), después de 6 horas de privación total de sueño (PTS) y después de 6 horas de recuperación de sueño (RS).

2.3 Potencia relativa (PR)

Los valores de PR observados durante la condición de Línea Base, Privación y Recuperación se muestran en la tabla 6.

TABLA 6: Media (\bar{X}) y Desviación Estándar (DE), de los valores de potencia relativa, de parietal izquierdo (PI) y parietal derecho (PD) para la Línea Base, la Privación y la Recuperación.

		Línea Base		Privación		Recuperación	
		PI	PD	PI	PD	PI	PD
DELTA	\bar{X}	40.13	44.27	41.33	42.06	41.09	41.58
	DE	0.403	0.513	0.573	0.533	0.319	0.357
THETA	\bar{X}	35.66	33.40	32.96	32.73	35.66	36.35
	DE	0.363	0.429	0.510	0.439	0.382	0.400
ALFA1	\bar{X}	10.81	9.88	11.71	12.23	9.11	9.11
	DE	0.294	0.432	0.566	0.448	0.230	0.255
ALFA2	\bar{X}	4.18	3.91	4.74	4.47	4.56	4.39
	DE	0.229	0.204	0.281	0.214	0.479	0.342
BETA1	\bar{X}	4.47	3.99	4.43	4.03	4.56	4.14
	DE	0.396	0.360	0.240	0.189	0.476	0.366
BETA2	\bar{X}	3.42	2.87	2.63	2.58	3.45	3.35
	DE	0.364	0.356	0.185	0.188	0.435	0.298

Los análisis de varianza (condiciones x hemisferios) realizados para cada banda por separado mostraron los siguientes resultados:

- El factor condiciones (LB, PTS y RS) fue significativo para las bandas de Alfa1 y Beta2 (tabla 7).
- No se encontraron diferencias significativas entre hemisferios en ninguna de las bandas, tampoco se observó ninguna interacción significativa (tabla 7).

- La contribución proporcional de Alfa1 aumentó con la Privación de sueño; mientras que la contribución proporcional de Beta2 disminuyó.
- Después de 6 horas de Recuperación de sueño la proporción de Alfa1 y de Beta2 es similar a la de la Línea Base. La diferencia entre la Privación y la Recuperación fue significativa para las dos bandas (fig. 4).

TABLA 7: Resultados de los Andevas de dos factores (condiciones x hemisferios), para la potencia relativa de cada banda.

	A - FACTOR CONDICIONES gl = 2,30		B - FACTOR HEMISFERIOS gl = 1,30		AXB gl = 2,30	
	F	p	F	p	F	p
DELTA	0.05	0.953	0.56	0.532	0.25	0.786
THETA	1.05	0.365	0.09	0.765	0.27	0.770
ALFA1	3.60	0.039*	0.03	0.865	0.24	0.787
ALFA2	1.00	0.618	0.51	0.514	0.01	0.994
BETA1	0.06	0.945	1.81	0.186	0.01	0.995
BETA2	6.16	0.006*	1.55	0.221	0.66	0.528

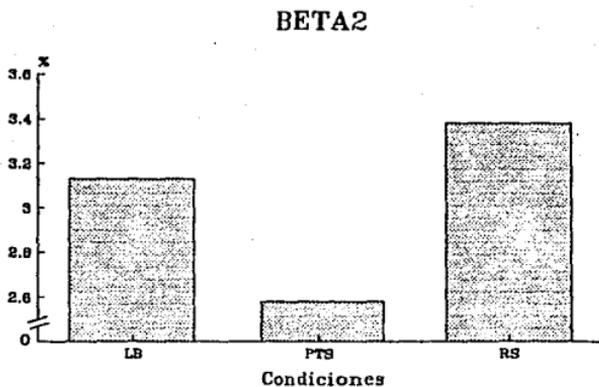
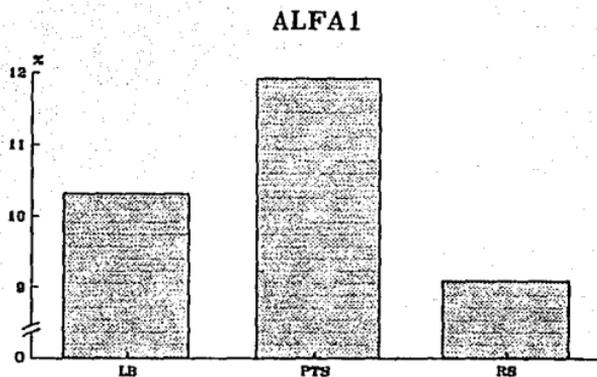


FIG. 4: Efecto principal de la potencia relativa, retransformada a porcentajes para las bandas de Alfa1 y Beta2, antes de la privación total de sueño (LB), después de 6 horas de privación total de sueño (PTS) y después de 6 horas de recuperación de sueño (RS).

RESUMEN

La Privación de sueño provocó una disminución en la correlación interparietal así como un aumento en la PA de las bandas Theta, Alfa1, Alfa2 y la banda Total.

Se observó que durante la privación de sueño hubo un incremento significativo de la contribución proporcional de la banda Alfa1, y una disminución en la banda Beta2. La correlación y la PR se recuperaron casi en su totalidad después de 6 horas de sueño, mientras que la PA continuó disminuyendo aún más en la recuperación a los valores obtenidos durante la línea base.

3. EVOLUCION TEMPORAL DE LOS PARAMETROS DEL EEG DURANTE 6 HORAS
DE PRIVACION DE SUEÑO

3.1 Correlación interparietal

Los valores de correlación interparietal, transformados a puntajes Z de Fisher, observados durante las 6 horas de privación total de sueño se muestran en la tabla 8.

TABLA 8: Media (\bar{X}) y Desviación Estándar (DE) de los valores de la correlación interparietal transformados a puntajes Z de Fisher, durante 6 horas de privación total de sueño, para cada hora.

Minutos		060	120	180	240	300	360
DELTA	\bar{X}	1.550	1.460	1.571	1.466	1.536	1.374
	DE	0.441	0.342	0.417	0.432	0.350	0.265
THETA	\bar{X}	1.574	1.616	1.640	1.634	1.650	1.449
	DE	0.273	0.377	0.246	0.470	0.340	0.242
ALFA1	\bar{X}	1.461	1.677	1.747	1.729	1.634	1.603
	DE	0.438	0.375	0.291	0.486	0.270	0.277
ALFA2	\bar{X}	1.260	1.407	1.233	1.247	1.353	1.187
	DE	0.271	0.225	0.258	0.235	0.232	0.197
BETA1	\bar{X}	1.044	1.136	1.220	1.147	1.167	1.073
	DE	0.251	0.210	0.140	0.310	0.205	0.098
BETA2	\bar{X}	0.887	0.889	0.917	0.901	0.943	0.794
	DE	0.226	0.181	0.162	0.240	0.254	0.095
TOTAL	\bar{X}	1.441	1.480	1.537	1.474	1.504	1.363
	DE	0.326	0.272	0.226	0.353	0.290	0.154

- La correlación entre el tiempo transcurrido en vigilia y los valores de correlación interparietal, muestra una relación negativa: a mayor tiempo de privación la correlación interparietal disminuye. Aunque se observa la

misma tendencia para todas las bandas, ésta se encuentra más acentuada en la banda Beta2 y en la banda Total, la correlación sólo fue significativa ($r=-0.62$) para la banda de Theta (tabla 9 y fig. 5).

Tabla 9: Resultados de la r de Pearson, entre el tiempo transcurrido en la privación y los valores de correlación interparietal (rP), la potencia absoluta (PA) y la potencia relativa (PR), para cada banda.

Privación total de sueño

	DELTA	THETA	ALFA1	ALFA2	BETA1	BETA2	TOTAL
rP	-0.36	-0.62	-0.02	-0.37	-0.15	-0.52	-0.42
PA	0.23	0.24	0.49	0.61	0.39	0.15	
PR	-0.03	-0.42	0.32	0.21	0.13	-0.49	

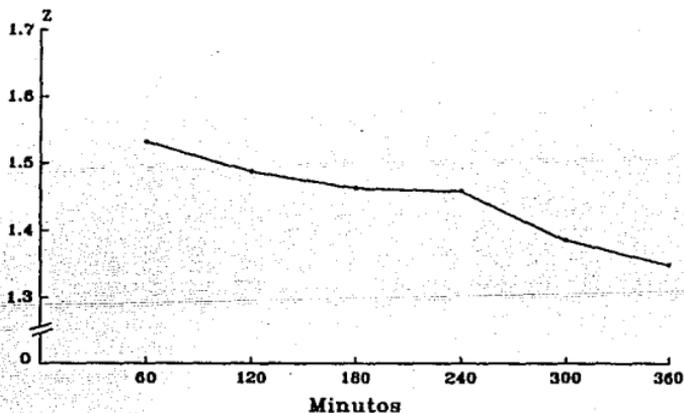


FIG. 5: Valores alisados de la correlación interparietal, transformados a puntajes Z de Fisher, para la banda Theta, a lo largo de 360 minutos de privación total de sueño.

3.2 Potencia absoluta (PA)

Los valores de PA, transformados a logaritmos, observados durante las 6 horas de privación total de sueño se encuentran en la tabla 10.

TABLA 10: Media (\bar{X}) y Desviación Estándar (DE) de los valores de potencia absoluta de parietal izquierdo (PI) y parietal derecho (PD), transformados a logaritmos, durante 360 minutos de privación total de sueño, para cada hora.

Minutos		060		120		180	
		PI	PD	PI	PD	PI	PD
DELTA	\bar{X}	8.100	8.213	7.711	7.916	7.903	8.186
	DE	0.704	0.528	0.491	0.358	0.493	0.332
THETA	\bar{X}	7.769	7.889	7.790	7.900	7.941	8.019
	DE	0.743	0.586	0.765	0.636	0.832	0.661
ALFA1	\bar{X}	6.237	6.240	6.594	6.684	6.914	6.949
	DE	0.667	0.747	0.816	0.799	0.729	0.718
ALFA2	\bar{X}	5.899	5.954	5.873	5.931	6.011	6.050
	DE	0.438	0.492	0.486	0.527	0.526	0.427
BETA1	\bar{X}	5.707	5.667	5.694	5.716	6.031	5.987
	DE	0.302	0.302	0.330	0.399	0.501	0.438
BETA2	\bar{X}	5.463	5.464	5.379	5.344	5.531	5.499
	DE	0.252	0.253	0.297	0.364	0.416	0.432
TOTAL	\bar{X}	8.907	8.989	8.776	8.910	9.009	9.129
	DE	0.597	0.487	0.568	0.457	0.530	0.405

Continua...

Minutos		240		300		360	
		PI	PD	PI	PD	PI	PD
DELTA	\bar{X}	8.009	8.076	7.936	8.017	8.114	8.156
	DE	0.673	0.538	0.345	0.236	0.496	0.319
THETA	\bar{X}	7.997	8.029	7.770	7.839	7.900	7.919
	DE	0.779	0.675	0.713	0.607	0.831	0.730
ALFA1	\bar{X}	6.957	6.946	6.499	6.516	6.867	6.936
	DE	0.879	0.850	0.582	0.682	0.706	0.702
ALFA2	\bar{X}	5.984	6.033	5.837	5.877	5.986	5.944
	DE	0.806	0.746	0.370	0.452	0.493	0.568
BETA1	\bar{X}	6.087	6.119	5.784	5.799	5.910	5.843
	DE	0.753	0.742	0.328	0.448	0.425	0.356
BETA2	\bar{X}	5.637	5.623	5.507	5.477	5.404	5.384
	DE	0.565	0.487	0.403	0.440	0.428	0.388
TOTAL	\bar{X}	9.091	9.116	8.856	8.917	9.040	9.051
	DE	0.621	0.526	0.426	0.363	0.553	0.471

- La correlación entre la PA y el tiempo de privación muestra una relación positiva, es decir, a mayor tiempo transcurrido en la privación, mayor potencia; aunque ésta solamente fue significativa para la banda de Alfa2 (tabla 9 y fig. 6).

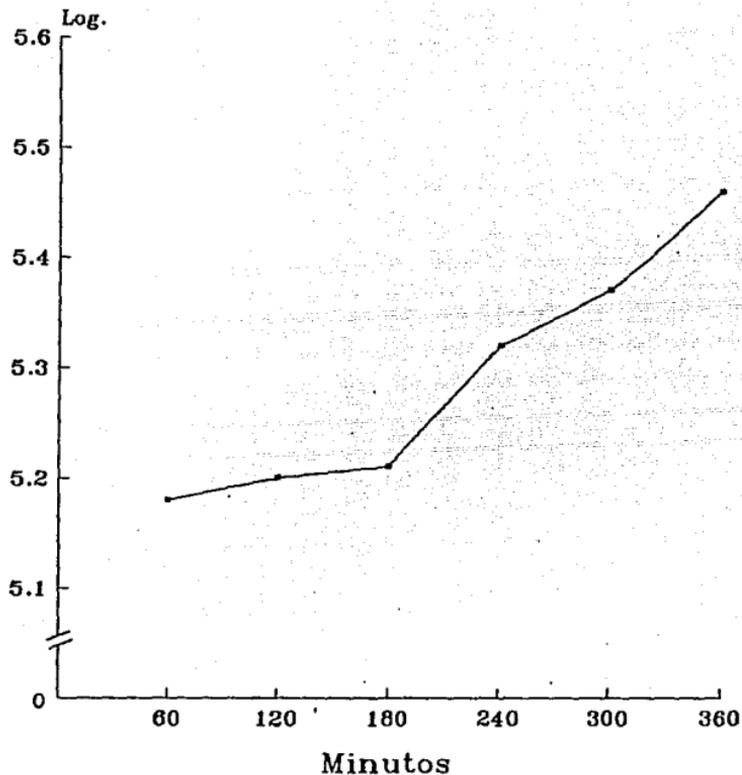


FIG. 6: Media alisada de la potencia absoluta, transformada a logaritmos, de la banda Alfa2, a lo largo de 360 minutos de privación total de sueño.

3.3 Potencia relativa (PR)

Los valores de PR observados durante las 6 horas de privación total de sueño se encuentran en la tabla 11.

TABLA 11: Media (\bar{X}) y Desviación Estándar (DE) de los valores de potencia relativa, de parietal izquierdo (PI) y parietal derecho (PD), durante 6 horas de privación total de sueño, para cada hora.

Minutos		060		120		180	
		PI	PD	PI	PD	PI	PD
DELTA	\bar{X}	45.58	46.85	34.81	37.96	34.61	40.68
	DE	0.440	0.382	0.327	0.464	0.711	0.619
THETA	\bar{X}	35.52	33.24	38.15	37.21	35.52	33.76
	DE	0.363	0.429	0.481	0.465	0.608	0.499
ALFA1	\bar{X}	6.98	6.45	11.40	10.90	11.25	11.47
	DE	0.593	0.541	0.504	0.468	0.626	0.566
ALFA2	\bar{X}	4.97	4.82	5.47	5.08	4.99	4.60
	DE	0.520	0.283	0.190	0.165	0.406	0.314
BETA1	\bar{X}	4.09	3.61	4.60	4.10	4.94	4.32
	DE	0.328	0.320	0.397	0.252	0.368	0.265
BETA2	\bar{X}	3.20	2.94	3.35	2.83	3.08	2.64
	DE	0.390	0.285	0.300	0.207	0.260	0.120

Continua...

Minutos		240		300		360	
		PI	PD	PI	PD	PI	PD
DELTA	\bar{X}	35.91	37.07	40.92	41.99	41.12	42.06
	DE	0.808	0.704	0.527	0.548	0.573	0.533
THETA	\bar{X}	34.27	34.32	34.61	34.59	32.76	32.71
	DE	0.484	0.422	0.500	0.418	0.510	0.439
ALFA1	\bar{X}	12.14	11.72	9.47	9.10	11.65	12.22
	DE	0.693	0.696	0.208	0.362	0.566	0.448
ALFA2	\bar{X}	4.49	4.59	4.89	4.80	4.73	4.46
	DE	0.378	0.377	0.258	0.234	0.281	0.214
BETA1	\bar{X}	4.97	5.02	4.65	4.44	4.42	4.03
	DE	0.410	0.384	0.346	0.318	0.240	0.189
BETA2	\bar{X}	3.16	3.04	3.51	3.22	2.61	2.56
	DE	0.305	0.225	0.386	0.360	0.185	0.188

Los análisis de correlación realizados para cada banda por separado nos muestran los siguientes resultados:

- La correlación entre la PR y el tiempo transcurrido en vigilia no fue significativa para ninguna banda; sin embargo, puede observarse una tendencia positiva en las bandas Alfa1 y Alfa2, y una tendencia negativa para las frecuencias de los extremos, Beta2 y Theta (tabla 9).

4. EVOLUCION TEMPORAL DE LOS PARAMETRÓS DEL EEG DURANTE 6 HORAS DE RECUPERACION

El número de puntos a correlacionar (6) hacen muy difícil obtener datos confiables; sin embargo se realizó el análisis con el objeto de obtener más información acerca de las tendencias presentadas.

4.1 Correlación interparietal

Los valores de correlación interparietal, transformados a puntajes Z de Fisher, observados cada hora, durante las 6 horas de recuperación se muestran en la tabla 12.

TABLA 12: Media (\bar{X}) y Desviación Estándar (DE) de los valores de correlación interparietal, transformados a puntajes Z de Fisher, después de cada hora de Recuperación de sueño.

HORAS		01	02	03	04	05	06
DELTA	\bar{X}	1.466	1.620	1.331	1.653	1.461	1.439
	DE	0.267	0.232	0.439	0.291	0.538	0.342
THETA	\bar{X}	1.610	1.573	1.397	1.610	1.534	1.591
	DE	0.317	0.302	0.439	0.350	0.414	0.260
ALFA1	\bar{X}	1.471	1.430	1.416	1.521	1.510	1.644
	DE	0.273	0.210	0.201	0.247	0.299	0.315
ALFA2	\bar{X}	1.241	1.354	1.260	1.324	1.257	1.323
	DE	0.143	0.212	0.272	0.195	0.244	0.198
BETA1	\bar{X}	1.100	1.124	1.076	1.134	1.100	1.149
	DE	0.083	0.163	0.167	0.194	0.235	0.178
BETA2	\bar{X}	0.893	0.874	0.804	0.909	0.889	0.949
	DE	0.163	0.129	0.236	0.166	0.197	0.164
TOTAL	\bar{X}	1.440	1.481	1.299	1.517	1.406	1.439
	DE	0.158	0.199	0.351	0.203	0.355	0.247

La correlación de las bandas Theta y Alfa2, muestran una ligera tendencia a incrementarse con el transcurso de las horas de sueño; en el caso de la banda Total la correlación es de 0.47; sin embargo, tal vez debido al bajo número de puntos a correlacionar, ninguna banda alcanzó los valores necesarios para ser significativos (tabla 13).

Tabla 13: Resultados de la r de Pearson, entre el tiempo transcurrido en la recuperación y los valores de correlación interparietal (rP), la potencia absoluta (PA) y la potencia relativa (PR), para cada banda.

Recuperacion de sueño

	DELTA	THETA	ALFA1	ALFA2	BETA1	BETA2	TOTAL
rP	0.06	0.36	-0.45	0.30	0.04	-0.01	0.47
PA	0.06	0.05	-0.07	0.48	0.40	-0.05	
PR	0.60	-0.58	-0.37	0.27	0.23	-0.40	

4.2 Potencia absoluta (PA)

Los valores de PA. transformados a logaritmos. observados a lo largo de 6 horas de recuperación de sueño pueden observarse en la tabla 14.

TABLA 14: Media (\bar{X}) y Desviación Estándar (DE) de los valores de potencia absoluta, transformados a logaritmos, de parietal izquierdo (PI) y parietal derecho (PD), después de cada hora de Recuperación de sueño.

		HORA1		HORA2		HORA3	
		PI	PD	PI	PD	PI	PD
DELTA	\bar{X}	7.863	7.897	7.859	8.009	7.751	7.713
	DE	1.194	0.993	0.894	0.817	0.674	0.628
THETA	\bar{X}	7.743	7.743	7.576	7.613	7.571	7.544
	DE	0.855	0.795	0.856	0.829	0.796	0.830
ALFA1	\bar{X}	6.183	6.284	6.144	6.180	6.219	6.197
	DE	0.551	0.571	0.872	0.890	0.772	0.873
ALFA2	\bar{X}	5.627	5.714	6.006	5.999	5.914	5.933
	DE	1.025	0.981	0.723	0.742	0.735	0.837
BETA1	\bar{X}	5.599	5.694	5.827	5.811	5.781	5.734
	DE	0.844	0.781	0.845	0.838	0.676	0.734
BETA2	\bar{X}	5.170	5.206	5.230	5.219	5.277	5.167
	DE	0.715	0.704	0.709	0.661	0.681	0.689

Continúa...

		HORA4		HORA5		HORA6	
		PI	PD	PI	PD	PI	PD
DELTA	\bar{X}	7.623	7.691	7.939	7.857	7.849	7.859
	DE	0.741	0.696	0.561	0.446	0.600	0.360
THETA	\bar{X}	7.494	7.573	7.717	7.761	7.696	7.723
	DE	0.940	0.816	0.746	0.704	0.814	0.652
ALFA1	\bar{X}	6.096	6.129	6.633	6.613	6.346	6.356
	DE	0.909	0.897	0.508	0.565	0.723	0.676
ALFA2	\bar{X}	5.743	5.809	6.064	5.994	5.653	5.621
	DE	0.779	0.592	0.419	0.381	0.659	0.591
BETA1	\bar{X}	5.659	5.666	6.067	6.011	5.653	5.564
	DE	0.678	0.526	0.515	0.452	0.525	0.427
BETA2	\bar{X}	5.224	5.163	5.651	5.471	5.377	5.349
	DE	0.592	0.580	0.354	0.419	0.288	0.329

- La correlación entre la PA y el tiempo de recuperación nos indica que las bandas Alfa2 y Beta1 muestran una ligera tendencia a incrementarse conforme transcurren las horas de recuperación.

4.3 Potencia relativa

Los valores de PR, observados a lo largo de 6 horas de recuperación de sueño, se muestran en la tabla 15.

TABLA 15: Media (\bar{X}) y Desviación Estándar (DE) de los valores de potencia relativa de parietal izquierdo (PI) y parietal derecho (PD), para cada hora de Recuperación total de sueño.

		HORA1		HORA2		HORA3	
		PI	PD	PI	PD	PI	PD
DELTA	\bar{X}	41.97	42.04	43.29	46.48	40.39	40.20
	DE	0.508	0.440	0.226	0.251	0.285	0.328
THETA	\bar{X}	36.72	35.98	32.58	31.21	33.87	33.76
	DE	0.378	0.366	0.262	0.306	0.358	0.347
ALFA1	\bar{X}	7.66	8.28	7.27	7.38	8.70	8.75
	DE	0.466	0.359	0.143	0.217	0.284	0.280
ALFA2	\bar{X}	4.39	4.68	6.76	6.18	6.42	6.74
	DE	0.297	0.404	0.339	0.317	0.374	0.449
BETA1	\bar{X}	4.26	4.58	5.66	5.16	5.63	5.51
	DE	0.516	0.297	0.347	0.264	0.353	0.343
BETA2	\bar{X}	2.76	2.80	3.10	2.82	3.28	3.12
	DE	0.415	0.176	0.263	0.212	0.316	0.249

Continua...

		HORA4		HORA5		HORA6	
		PI	PD	PI	PD	PI	PD
DELTA	\bar{X}	39.48	39.86	39.26	37.37	41.09	41.36
	DE	0.449	0.514	0.418	0.301	0.319	0.357
THETA	\bar{X}	35.06	35.41	31.36	34.16	35.45	36.26
	DE	0.557	0.516	0.375	0.370	0.382	0.400
ALFA1	\bar{X}	8.44	8.19	10.63	10.88	9.08	9.10
	DE	0.323	0.446	0.569	0.616	0.230	0.255
ALFA2	\bar{X}	5.93	5.91	5.94	5.77	4.56	4.36
	DE	0.301	0.361	0.403	0.346	0.479	0.342
BETA1	\bar{X}	5.44	5.12	5.97	5.85	4.53	4.13
	DE	0.435	0.409	0.454	0.361	0.476	0.366
BETA2	\bar{X}	3.50	3.10	3.93	3.40	3.44	3.32
	DE	0.333	0.221	0.387	0.222	0.435	0.298

- La correlación entre la PR y el tiempo de recuperación nos indica que la banda Delta muestra una tendencia a incrementarse conforme transcurren las horas de recuperación, en tanto que las bandas Theta y Beta2, muestran la tendencia contraria, es decir a mayor tiempo de recuperación, mayor correlación, pero en sentido negativo.

5. ARQUITECTURA DEL SUEÑO

El tiempo, en minutos, transcurrido en vigilia, sueño de ondas lentas (SOL) y sueño paradójico (SP) en cada hora de la recuperación, así como el porcentaje sobre el tiempo total de registro, el número de episodios y la duración promedio de los mismos se encuentran en la tabla 16 y fig. 7 A y B.

TABLA 16: Minutos y su porcentaje en las diferentes condiciones así como el número de episodios y duración promedio de los mismos, en cada bloque de una hora.

Minutos transcurridos en cada una de las tres condiciones

HORAS	1	2	3	4	5	6
Vigilia	35.54	33.26	26.75	31.03	29.68	30.25
SOL	22.74	24.73	28.19	24.27	25.30	23.34
SP	1.69	2.05	5.16	4.28	5.27	6.54

Porcentaje del tiempo transcurrido en cada una de las tres condiciones

Vigilia	58.99	55.21	44.40	51.50	49.26	50.21
SOL	37.74	41.05	46.79	40.28	41.99	38.74
SP	2.80	3.40	8.56	7.10	8.74	10.85
SOL+SP	40.54	44.45	55.35	47.38	50.75	49.15

Número de episodios en cada una de las tres condiciones por hora

Vigilia	7.50	8.75	10.50	7.50	8.25	7.00
SOL	7.00	8.37	10.37	7.37	8.62	7.12
SP	1.25	1.25	2.87	2.37	2.12	3.37

Duración promedio en minutos de los episodios de cada una de las tres condiciones por hora

Vigilia	4.73	3.80	2.54	4.13	3.59	4.32
SOL	3.24	2.95	2.71	3.29	2.93	3.27
SP	1.35	1.64	1.79	0.60	2.48	1.94

El análisis de varianza de dos factores (etapas x minutos), muestra diferencias significativas en el factor etapas ($F(2,143) = 116.61, p < 0.001$).

No hubo diferencias significativas en el factor minutos ($F(7,143) = 0.03, p = 0.999$) ni en la interacción ($F(14,143) = 0.93, p = 0.511$).

La comparación entre medias mostró que el porcentaje de tiempo que pasan las ratas en vigilia es mayor al porcentaje de tiempo que pasan las ratas en SOL y en SP. El promedio de duración de los episodios de vigilia es menor en la horas 3 (fig. 7B).

El porcentaje de tiempo que pasan las ratas en SOL es mayor al porcentaje de tiempo que pasan las ratas en SP. El SOL no sufre variaciones significativas en cuanto al porcentaje del tiempo ni en cuanto al promedio de duración de los episodios, aunque puede apreciarse una tendencia a aumentar en la hora 3.

En lo que se refiere al SP, se incrementa el tiempo total del mismo, así como el promedio de duración de los episodios conforme transcurren las horas de sueño (tabla 17 y fig. 7A y B).

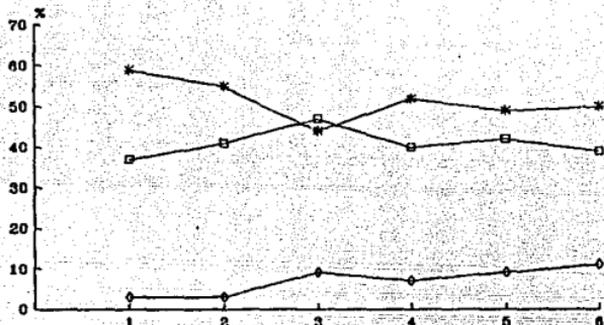
Aunque no hubo diferencias significativas entre las horas de

sueño se observaron las siguientes tendencias interesantes: la cantidad de tiempo transcurrido en SOL aumenta en la hora 3, mientras que la vigilia disminuye tanto en su cantidad como en el promedio de duración de los episodios. El SP muestra una tendencia a aumentar conforme transcurren las horas de sueño tanto en cantidad como en duración de los episodios, con excepción de la duración de los episodios en la hora 4 (fig. 7A y B).

TABLA 17: Resultados de la comparación entre las medias de las horas durante la Vigilia, el Sol y el SP (Prueba de rangos de Duncan).

\bar{X}	vs	\bar{X}	p
VIG	-	SP	<0.01
VIG	-	SOL	<0.01
SOL	-	SP	<0.01

(a)



(b)

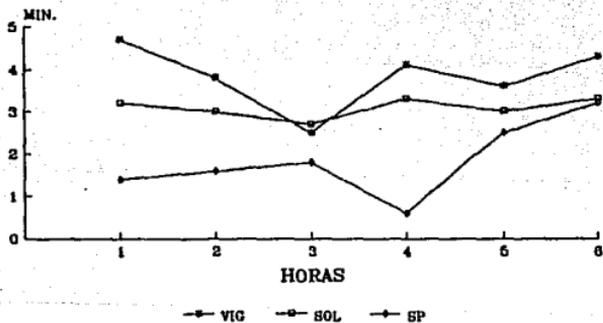


FIG. 7(a): Porcentaje del tiempo transcurrido en las condiciones de vigilia (VIG), sueño de ondas lentas (SOL) y sueño paradójico (SP), en cada bloque de una hora, durante la recuperación de sueño.

(b): Promedio de duración de los episodios (en minutos) en las condiciones de vigilia (VIG), sueño de ondas lentas (SOL) y sueño paradójico (SP), en cada bloque de una hora, durante la recuperación de sueño.

6. COMPARACION ENTRE LOS PARAMETROS DEL EEG DE LA VIGILIA Y EL SUEÑO DURANTE EL BLOQUE CORRESPONDIENTE A LA HORA 4 DE LA RECUPERACION DE SUEÑO

Para comparar el EEG entre la vigilia, el sueño de ondas lentas y el sueño paradójico, se escogieron los bloques 4 y 5 debido a que los primeros bloques se encuentran afectados por el efecto de las 6 horas de Privación. No se pudo utilizar el bloque 6 porque dos de las ratas no tuvieron sueño de ondas lentas y otras 2 ratas no tuvieron sueño paradójico.

6.1 Correlación interparietal

Los valores de la correlación interparietal, transformados a puntajes Z de Fisher, durante la vigilia, el sueño de ondas lentas y el sueño paradójico, en el bloque correspondiente a la hora 4 de recuperación de sueño se observan en la tabla 18.

TABLA 18: Media (\bar{X}) y Desviación Estandar (DE) de los valores de la correlación interparietal transformados a puntajes Z de Fisher. Vigilia (VIG), sueño de ondas lentas (SOL) y sueño paradójico (SP), de los bloques correspondientes a las horas 4 y 5 de recuperación de sueño.

		VIG		SOL		SP	
		HORA4	HORA5	HORA4	HORA5	HORA4	HORA5
DELTA	\bar{X}	1.653	1.461	1.584	1.703	1.321	1.296
	DE	0.291	0.538	0.440	0.191	0.249	0.375
THETA	\bar{X}	1.610	1.534	1.420	1.460	1.540	1.606
	DE	0.350	0.414	0.220	0.155	0.226	0.122
ALFA1	\bar{X}	1.521	1.510	1.357	1.459	1.824	1.749
	DE	0.247	0.299	0.228	0.352	0.342	0.295
ALFA2	\bar{X}	1.324	1.257	1.239	1.293	1.293	1.239
	DE	0.195	0.244	0.367	0.208	0.231	0.149
BETA1	\bar{X}	1.134	1.100	1.133	1.020	1.100	1.026
	DE	0.194	0.235	0.216	0.172	0.165	0.102
BETA2	\bar{X}	0.909	0.889	0.884	0.857	0.759	0.784
	DE	0.166	0.197	0.169	0.163	0.148	0.114
TOTAL	\bar{X}	1.517	1.406	1.416	1.457	1.383	1.403
	DE	0.203	0.355	0.311	0.166	0.172	0.075

Los análisis de varianza de dos factores (condiciones x bandas) muestran diferencias significativas para el factor bandas y para la interacción entre los dos factores.

El efecto principal de condiciones no fue significativo, como puede verse en la tabla 19.

TABLA 19: Resultados de los ANDEVAS de la correlación interparietal de todas las bandas durante el bloque correspondiente a la hora 4 de recuperación de sueño.

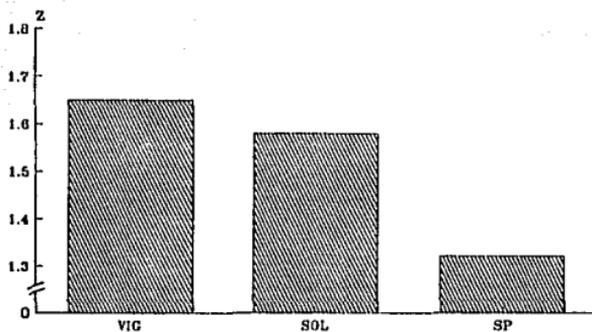
	A - FACTOR CONDICIONES gl = 2,102		B - FACTOR BANDAS gl = 5,102		AXB gl = 10,102	
	F	p	F	p	F	p
6 BANDAS	2.53	0.082	50.97	<0.001	3.91	<0.001
B. TOTAL	1.26	0.320				

La comparación entre medias mostró que la correlación interparietal es significativamente mayor ($p < 0.01$), para la banda Alfa1, en sueño paradójico que en vigilia, y en sueño paradójico que en sueño de ondas lentas, la comparación vigilia-SOL nos indica que la correlación interhemisférica es mayor durante la vigilia (fig 8).

En la banda Delta, en cambio, la correlación interparietal es significativamente menor en sueño paradójico que en vigilia ($p < 0.01$), y en sueño paradójico que en sueño de ondas lentas ($p < 0.05$), la comparación vigilia-SOL nos indica que la correlación interhemisférica es mayor durante la vigilia (fig 8).

La correlación fue mayor para las bandas lentas, en las tres condiciones (fig. 9 A,B y C).

DELTA



ALFA1

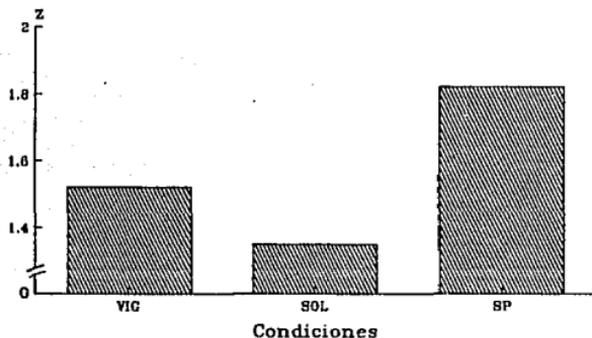


FIG. 8: Efecto principal de la correlación interparietal transformada a puntajes Z de Fisher, de las bandas Delta y Alfa1, en las condiciones de vigilia (VIG), sueño de ondas lentas (SOL) y sueño paradójico (SP), en el bloque correspondiente a la hora 4.

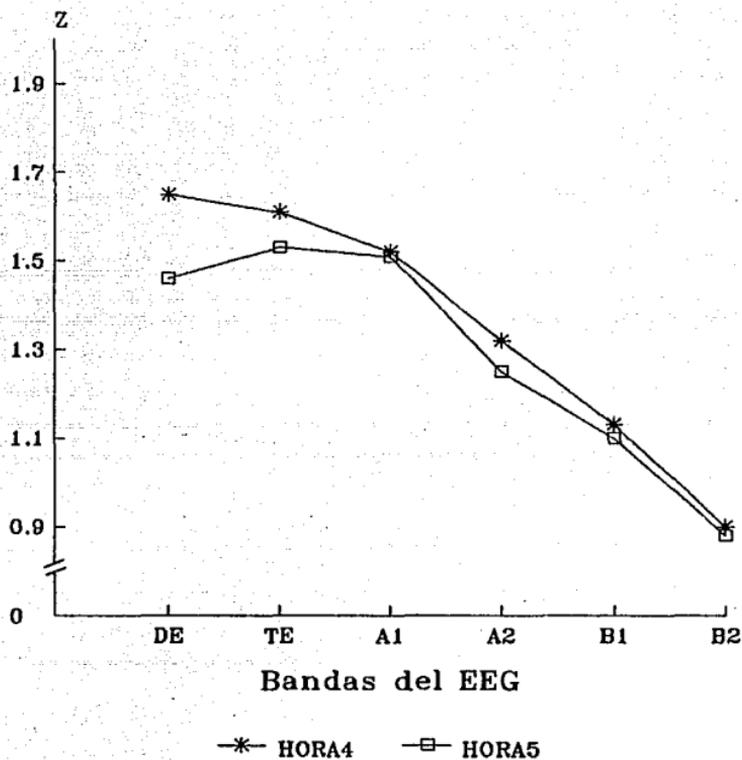


FIG. 9(A): Efecto principal de la correlación interparietal, transformada a puntajes Z de Fisher, para las bandas Delta (DE), Theta (TE), Alfa1 (A1), Alfa2 (A2), Beta1 (B1) y Beta2 (B2), en los bloques correspondientes a las horas 4 y 5, para la condición de Vigilia.

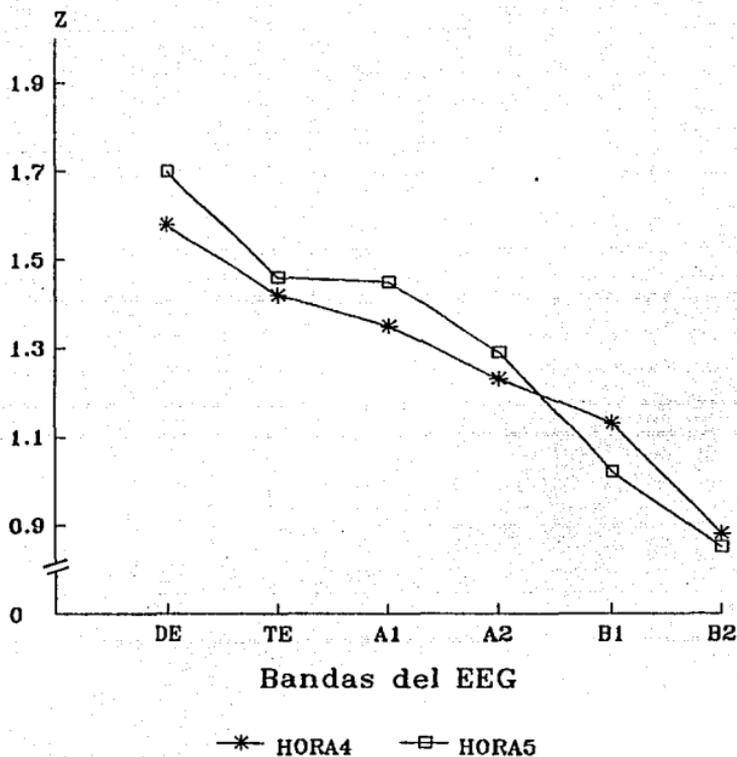


FIG. 9(B): Efecto principal de la correlación interparietal, transformada a puntajes Z de Fisher, para las bandas Delta (DE), Theta (TE), Alfa1 (A1), Alfa2 (A2), Beta1 (B1) y Beta2 (B2), en los bloques correspondientes a las horas 4 y 5, para la condición de Sueño de Ondas Lentas.

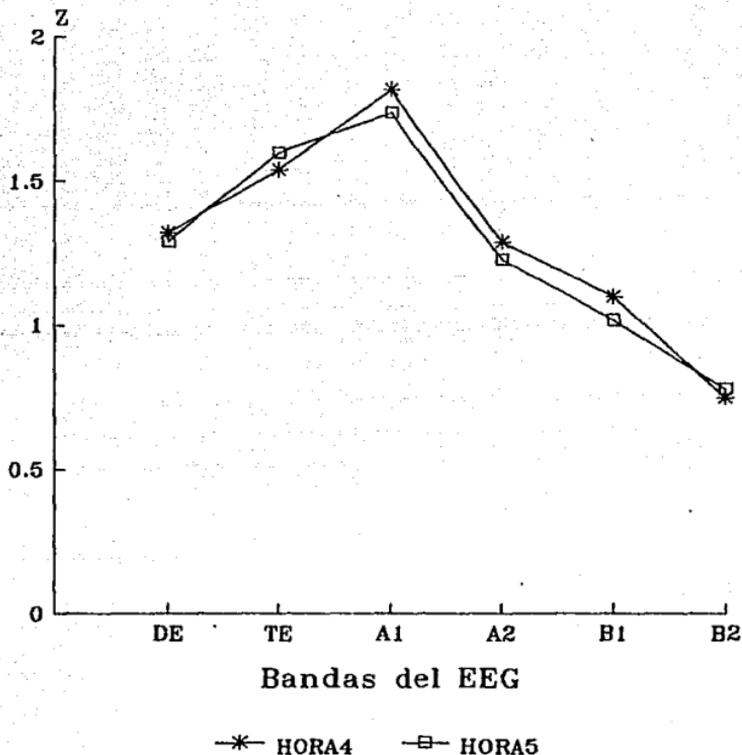


FIG. 9(C): Efecto principal de la correlación interparietal, transformada a puntajes Z de Fisher, para las bandas Delta (DE), Theta (TE), Alfa1 (A1), Alfa2 (A2), Beta1 (B1) y Beta2 (B2), en los bloques correspondientes a las horas 4 y 5, para la condición de Sueño Paradójico.

6.2 Potencia absoluta (PA)

Los valores de la PA, transformados a logaritmos, durante los bloques correspondientes a la hora 4 y 5, de la vigilia, el SOL y el SP se encuentran en la tabla 20.

TABLA 20: Media (\bar{X}) y Desviación Estándar (DE) de los valores de potencia absoluta, transformados a logaritmos, para los bloques correspondientes a las horas 4 y 5 de recuperación de sueño. Vigilia (VIG), sueño de ondas lentas (SOL) y sueño paradójico (SP).

	VIG		SOL		SP		
	HORA4	HORA5	HORA4	HORA5	HORA4	HORA5	
DELTA	\bar{X}	7.623	7.939	8.571	8.654	6.853	7.284
	DE	0.741	0.561	0.929	0.817	1.125	0.965
THETA	\bar{X}	7.494	7.717	7.903	8.111	7.137	7.579
	DE	0.940	0.746	0.859	0.593	0.734	0.583
ALFA1	\bar{X}	6.096	6.633	6.614	6.916	6.517	6.979
	DE	0.909	0.508	0.560	0.803	0.394	0.755
ALFA2	\bar{X}	5.743	6.064	6.453	6.799	5.694	6.116
	DE	0.779	0.419	0.628	0.742	0.598	0.799
BETA1	\bar{X}	5.659	6.067	6.261	6.753	5.617	6.139
	DE	0.678	0.515	0.666	0.676	0.485	0.950
BETA2	\bar{X}	5.224	5.651	5.479	5.881	5.217	5.594
	DE	0.592	0.354	0.523	0.624	0.363	0.777
TOTAL	\bar{X}	8.534	8.890	9.246	9.440	8.280	8.696
	DE	0.790	0.521	0.813	0.719	0.678	0.724

Los análisis de varianza de dos factores (etapas x hemisferios) realizados para cada banda por separado mostraron que el factor etapas fue significativo para todas las bandas, incluyendo la banda Total. Ni el factor hemisferios ni la interacción fueron significativos para ninguna banda (tabla 21).

TABLA 21: Resultados de los Andeas de la potencia absoluta de todas las bandas durante el bloque correspondiente a la hora 4 de recuperación de sueño.

	A - FACTOR ETAPAS gl = 2.102		B - FACTOR HEMISFERIOS gl = 1.102		AXB gl = 2.102	
	F	p	F	p	F	p
DELTA	32.84	<0.001*	0.11	0.741	0.15	0.858
THETA	12.13	<0.001*	0.07	0.793	0.20	0.819
ALFA1	6.29	0.005*	0.01	0.930	0.06	0.937
ALFA2	8.33	0.002*	0.01	0.900	0.16	0.855
BETA1	11.66	<0.001*	0.03	0.860	0.02	0.981
BETA2	4.17	0.025*	0.10	0.748	0.07	0.928
TOTAL	23.25	<0.001*	0.02	0.897	0.35	0.712

La PA de cada una de las bandas se comporta de la misma forma que la PA de la banda Total, ésta es significativamente mayor durante el SOL en comparación con la vigilia y es significativamente mayor en la vigilia que en el SP para las bandas Delta, Theta y Beta1, comportándose de la forma contraria en la banda Alfa1 y Beta2.

La diferencia entre medias, fue significativa para cada una de las bandas, excepto para la banda Alfa1 y Beta1 en la comparación vigilia-SOL y para Alfa2 y Beta2 en la comparación vigilia-SP (tabla 22 y fig. 10 A y B).

TABLA 22: Resultados de las comparaciones entre el sueño de ondas lentas (SOL) y el sueño paradójico (SP), entre el SOL y la vigilia (VIG) y entre VIG y SP, para todas las bandas en el bloque correspondiente a la hora 4 de recuperación de sueño.

	DELTA	THETA	ALFA1	ALFA2	BETA1	BETA2	TOTAL
SOL- SP	<.01	<.01	<.01	<.01	<.01	<.05	<.01
SOL-VIG	<.01	<.05	- -	<.01	- -	<.05	<.01
VIG- SP	<.01	<.01	<.01	- -	<.05	- -	<.05

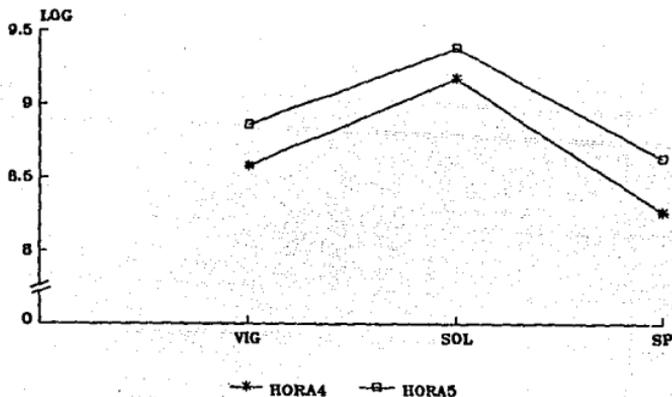


FIG. 10(A): Efecto principal de la potencia absoluta, transformada a logaritmos, de la banda Total en las condiciones de vigilia (VIG), sueño de ondas lentas (SOL) y sueño paradójico (SP), en los bloques correspondientes a las horas 4 y 5, de recuperación de sueño.

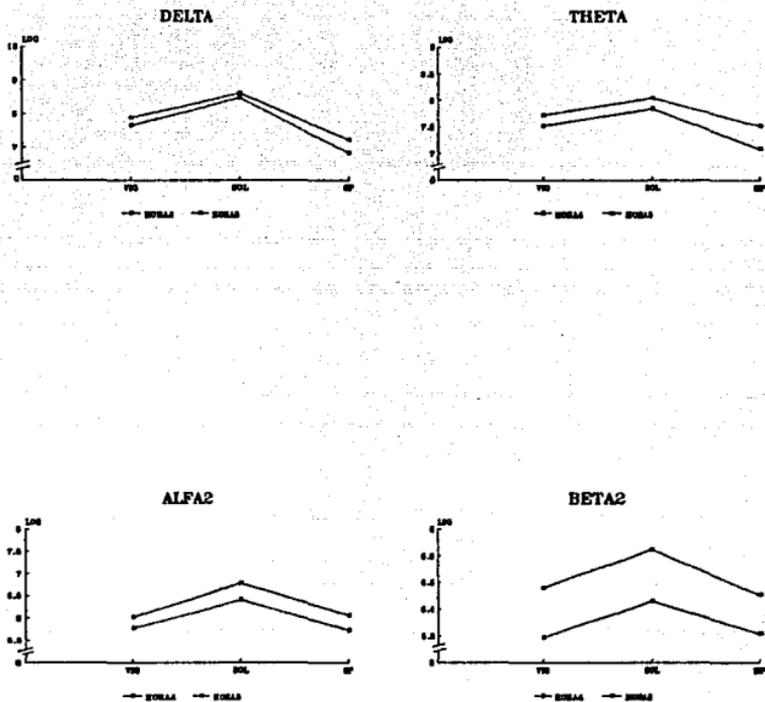


FIG. 10(B): Efecto principal de la potencia absoluta, transformada a logaritmos, de las bandas Delta, Theta, Alfa2 y Beta2, en las condiciones de vigilia (VIG), sueño de ondas lentas (SOL) y sueño paradójico (SP), en los bloques correspondientes a las horas 4 y 5, de recuperación de sueño.

6.3 Potencia relativa (PR)

Los valores de potencia relativa observados durante la vigilia, el sueño de ondas lentas y el sueño paradójico en los bloques correspondientes a la hora 4 y a la hora 5 de recuperación de sueño, se muestran en la tabla 23.

TABLA 23: Media (\bar{X}) y Desviación Estándar (DE), de los valores de potencia relativa para los bloques correspondientes a las horas 4 y 5 de recuperación de sueño. Vigilia (VIG), sueño de ondas lentas (SOL) y sueño paradójico (SP).

		VIG		SOL		SP	
		HORA4	HORA5	HORA4	HORA5	HORA4	HORA5
DELTA	\bar{X}	39.48	39.26	49.35	46.08	21.56	20.42
	DE	0.449	0.418	0.353	0.430	0.674	0.555
THETA	\bar{X}	35.06	31.36	27.40	25.52	32.54	33.31
	DE	0.557	0.375	0.142	0.219	0.283	0.306
ALFA1	\bar{X}	8.44	10.63	6.88	8.65	20.27	23.30
	DE	0.323	0.569	0.396	0.572	0.778	0.739
ALFA2	\bar{X}	5.93	5.94	6.18	7.75	7.98	6.90
	DE	0.301	0.403	0.418	0.432	0.428	0.331
BETA1	\bar{X}	5.44	5.97	5.28	7.07	7.64	7.31
	DE	0.435	0.345	0.430	0.390	0.295	0.334
BETA2	\bar{X}	3.50	3.93	2.26	2.81	4.88	4.63
	DE	0.333	0.387	0.375	0.307	0.441	0.191

Los análisis de varianza de dos factores (etapas x hemisferios) mostraron los siguientes resultados:

- El factor etapas fue significativo para todas las bandas.
- No se encontraron diferencias significativas entre hemisferios en ninguna de las bandas: tampoco la

interacción fue significativa (tabla 24).

TABLA 24: Resultados de los ANDEVAS de la potencia relativa durante el bloque correspondiente a la hora 4 de recuperación de sueño.

	A - FACTOR ETAPAS gl = 2,102		B - FACTOR HEMISFERIOS gl = 1,102		AXB gl = 2,102	
	F	p	F	p	F	p
DELTA	37.23	<0.001*	0.00	0.961	0.01	0.986
THETA	5.17	0.012*	0.06	0.809	0.04	0.963
ALFA1	28.90	<0.001*	0.00	0.984	0.02	0.984
ALFA2	5.08	0.013*	0.02	0.898	0.07	0.928
BETA1	5.67	0.008*	0.05	0.818	0.20	0.824
BETA2	18.45	<0.001*	0.21	0.653	0.21	0.813

- La proporción de la banda Delta es significativamente mayor durante el SOL en comparación con la vigilia, en tanto que la PR de las bandas Theta y Beta 2 es significativamente menor.
- Mientras que en el SOL la PR de la banda Delta es significativamente mayor comparada con el SP, la PR de las bandas Alfa1, Alfa2, Beta1 y Beta2 es significativamente menor.
- La PR de la banda Delta es significativamente mayor durante la vigilia en comparación con el SP, mientras que la PR de las bandas Alfa1, Alfa2, Beta1 y Beta2 son significativamente mayores durante el SP (tabla 25 y fig. 11 A y B).

TABLA 25: Resultados de las comparaciones de las medias de PR. en todas las bandas durante la vigilia (VIG), el sueño de ondas lentas (SOL) y el sueño paradójico (SP), en el bloque correspondiente a la hora 4.

	DELTA	THETA	ALFA1	ALFA2	BETA1	BETA2
SP -SOL	<.01	- -	<.01	<.01	<.01	<.01
SP -VIG	<.01	- -	<.01	<.05	<.01	<.01
VIG-SOL	<.01	<.01	- -	- -	- -	<.01

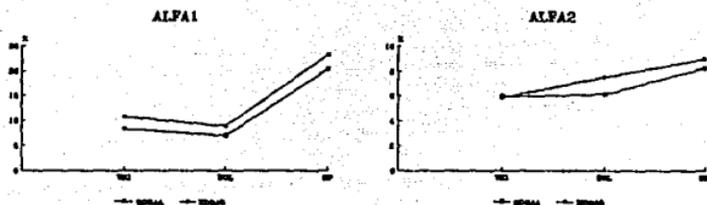


FIG. 11(A): Efecto principal de la potencia relativa, retransformada a porcentajes, para las bandas Alfa1 y Alfa2, en los bloques correspondientes a la hora 4 y 5 de recuperación de sueño, en la condición de vigilia (VIG), sueño de ondas lentas (SOL) y sueño paradójico (SP).

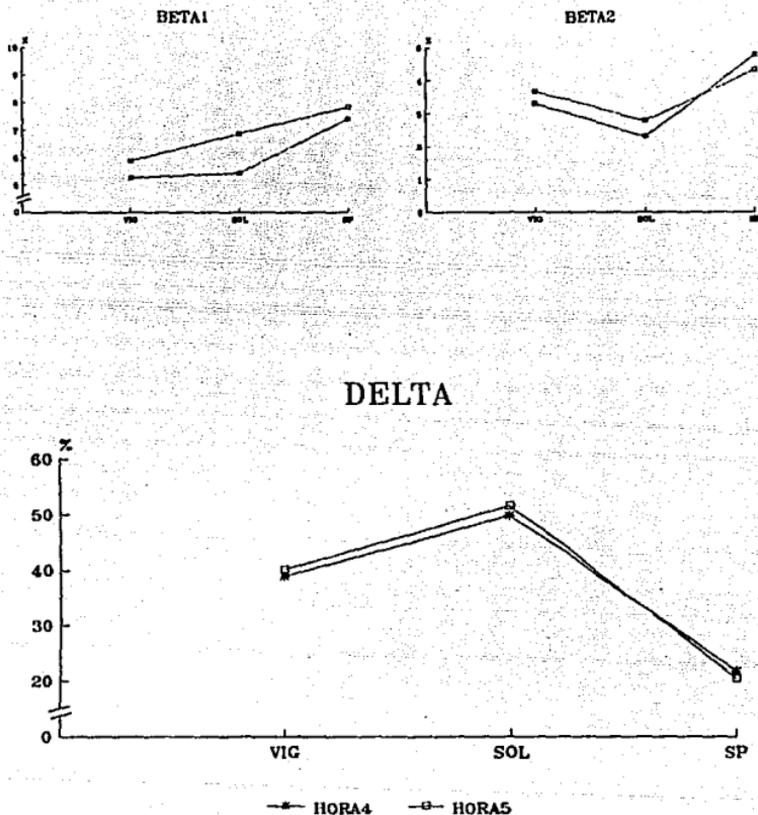


FIG. 11(B) : Efecto principal de la potencia relativa, retransformada a porcentajes, para las bandas Delta, Beta1 y Beta2, en los bloques correspondientes a las horas 4 y 5 de recuperacion de sueño, en la condición de vigilia (VIG), sueño de ondas lentas (SOL) y sueño paradójico (SP).

7. COMPARACION ENTRE LOS PARAMETROS DEL EEG DE LA VIGILIA Y EL SUEÑO DURANTE EL BLOQUE CORRESPONDIENTE A LA HORA 5 DE LA RECUPERACION DE SUEÑO

7.1 Correlación interparietal

Los valores de correlación interparietal, transformados a puntajes Z de Fisher, durante la vigilia (VIG), el sueño de ondas lentas (SOL) y el sueño paradójico (SP), en el bloque correspondiente a la hora 5 se muestran en la tabla 18.

Los análisis de varianza de dos factores (condiciones x bandas) muestran diferencias significativas para el factor bandas y para la interacción entre los dos factores.

El efecto principal de condiciones no fue significativo, como puede verse en la tabla 25.

TABLA 26: Resultados de los Andevas de la correlación interparietal de todas las bandas durante el bloque correspondiente a la hora 5.

	A - FACTOR CONDICIONES gl = 2.102		B - FACTOR BANDAS gl = 5.102		AXB gl = 10.102	
	F	p	F	p	F	p
6 BANDAS	0.05	0.954	34.14	<0.001	1.99	0.041
B. TOTAL	1.26	0.320				

La comparación entre medias mostró que la correlación interparietal es significativamente mayor en el sueño de ondas lentas que en el sueño paradójico ($p < 0.01$), en la banda Beta2. En tanto que la banda Alfa1 resulta el patrón

contrario: es significativamente mayor en sueño paradójico que en sueño de ondas lentas.

La correlación fue mayor para las bandas lentas (fig.9 A,B y C).

7.2 Potencia absoluta (PA)

Los valores de la PA, transformados a logaritmos, observados durante la vigilia, el SOL y el SP pueden observarse en la tabla 20.

Los análisis de varianza de dos factores (etapas x hemisferios) mostraron los siguientes resultados:

- El factor etapas fue significativo para todas las bandas incluyendo la banda Total, a excepción de la banda de Alfa1.
- No se encontraron diferencias significativas en el factor hemisferios en ninguna de las bandas ni en la interacción (tabla 27).

TABLA 27: Resultados de los ANDEVAS de dos factores (etapas x hemisferios), de la potencia absoluta de cada una de las bandas durante el bloque correspondiente a la hora 5 de recuperación de sueño.

	A - FACTOR ETAPAS gl = 2.102		B - FACTOR HEMISFERIOS gl = 1.102		AXB gl = 2.102	
	F	p	F	p	F	p
DELTA	20.18	<0.001*	0.29	0.598	0.02	0.984
THETA	9.64	<0.001*	0.24	0.630	0.23	0.796
ALFA1	2.31	0.115	0.17	0.682	0.03	0.969
ALFA2	14.22	<0.001*	0.24	0.636	0.03	0.966
BETA1	12.74	<0.001*	0.54	0.525	0.05	0.948
BETA2	5.94	0.007*	2.36	0.131	0.19	0.830
TOTAL	16.28	<0.001*	0.49	0.502	0.03	0.969

- La PA muestra las mismas diferencias significativas entre Vigilia y SOL y entre el SOL y el SP que las encontradas durante la hora 4 (fig. 9 A, B y C).
- En la comparación vigilia-SOL la única diferencia significativa fue en la banda Delta (tabla 28 y fig. 10 B).

TABLA 28: Resultados de las comparaciones entre el sueño de ondas lentas (SOL) y el sueño paradójico (SP), entre el SOL y la vigilia (VIG) y entre VIG y SP, para todas las bandas en el bloque correspondiente a la hora 5 de recuperación de sueño.

	DELTA	THETA	ALFA1	ALFA2	BETA1	BETA2	TOTAL
SOL- SP	<.01	<.01	- -	<.01	<.01	<.01	<.01
SOL-VIG	<.01	<.05	- -	<.01	<.01	<.05	<.01
VIG- SP	<.01	- -	- -	- -	- -	- -	- -

7.3 Potencia relativa (PR)

Los valores de PR observados para la vigilia, el SOL y el SP en el bloque correspondiente a la hora 5 de recuperación de sueño, pueden observarse en la tabla 23.

Los análisis de varianza de dos factores (etapas x hemisferios) muestran los siguientes resultados:

- El factor etapas fue significativo para todas las bandas.
- No se encontraron diferencias significativas entre hemisferios en ninguna de las bandas, tampoco la interacción fue significativa (tabla 29).

TABLA 29: Resultados de los Andevas de dos factores (etapas x hemisferios) de la potencia relativa, para cada una de las bandas, en el bloque correspondiente a la hora 5 de recuperación de sueño.

	A - FACTOR ETAPAS gl = 2.102		B - FACTOR HEMISFERIOS gl = 1.102		AXB gl = 2.102	
	F	p	F	p	F	p
DELTA	35.70	<0.001*	0.03	0.869	0.07	0.929
THETA	9.35	<0.001*	0.26	0.620	0.29	0.753
ALFA1	38.44	<0.001*	0.05	0.825	0.02	0.983
ALFA2	4.57	0.018*	0.02	0.897	0.06	0.939
BETA1	3.76	0.034*	0.57	0.538	0.04	0.958
BETA2	11.01	<0.001*	1.41	0.243	0.25	0.785

- La proporción de la banda Alfa2 es significativamente mayor durante el SOL en comparación con la vigilia.

mientras que la PR de las bandas Theta y Alfa2 es menor.

- Mientras que en el SOL la banda Delta es significativamente mayor, las bandas Alfa1, Beta1 y Beta2 son significativamente menores.
- La PR de la banda Delta es significativamente mayor durante la Vigilia en comparación con el SP, mientras que la PR de las bandas de Alfa1, Alfa2, Beta1 y Beta2 son mayores durante el SP (tabla 30 y fig. 11 A y B).

TABLA 30: Resultados de las comparaciones entre el sueño de ondas lentas (SOL) y el sueño paradójico (SP), entre el SOL y la vigilia (VIG) y entre VIG y SP, para todas las bandas en el bloque correspondiente a la hora 5 de recuperación de sueño.

	DELTA	THETA	ALFA1	ALFA2	BETA1	BETA2
SP -SOL	<.01	<.01	<.01	<.01	<.05	<.01
SP -VIG	<.05	- -	<.01	- -	- -	- -
VIG-SOL	<.01	<.01	- -	- -	<.05	<.01

8. COMPARACION DE LOS PARAMETROS DEL EEG DE VIGILIA Y DE SUEÑO
ENTRE EL BLOQUE CORRESPONDIENTE A LA HORA 4 Y EL BLOQUE
CORRESPONDIENTE A LA HORA 5 DE RECUPERACION DE SUEÑO

8.1 Correlación interparietal

Los valores de correlación interparietal, transformados a puntajes Z de Fisher, durante la vigilia, el sueño de ondas lentas y el sueño paradójico de los bloques correspondientes a las horas 4 y 5 de recuperación de sueño, se muestran en la tabla 18.

Los análisis de varianza de dos factores (etapas x horas) muestran los siguientes resultados:

- A diferencia del análisis individual de cada hora, donde no se encontraron diferencias significativas en el factor etapas, al entrar las horas 4 y 5 juntas como un solo factor (etapas), si hubo diferencias significativas en las bandas Delta, Alfa1 y Beta2.
- No se encontraron diferencias significativas para el factor horas ni para la interacción (tabla 31).

TABLA 31: Resultados de los ANDEVAS de dos factores (etapas x horas), de la correlación interparietal, para cada banda, durante el bloque correspondiente a la hora 4 comparado con el bloque correspondiente a la hora 5 de recuperación de sueño.

	A - FACTOR ETAPAS gl = 2,30		B - FACTOR HORAS gl = 1,30		AXB gl = 2,30	
	F	p	F	p	F	p
DELTA	4.34	0.022*	0.12	0.735	0.86	0.565
THETA	2.16	0.131	0.03	0.863	0.52	0.603
ALFA1	10.81	<0.001*	0.00	0.943	0.57	0.576
ALFA2	0.07	0.931	0.13	0.723	0.38	0.691
BETA1	0.68	0.519	3.47	0.069	0.33	0.727
BETA2	5.49	0.009*	0.05	0.824	0.25	0.781
TOTAL	0.53	0.599	0.09	0.762	0.75	0.517

- Las comparaciones entre medias indican diferencias entre el SOL y el SP y entre la vigilia y el SP.
- En la banda Delta la correlación interparietal fue significativamente menor durante el SP y la vigilia en comparación con el SOL, tanto en el bloque correspondiente a la hora 4 como en el bloque correspondiente a la hora 5 de recuperación de sueño.
- La correlación interparietal de la banda Beta2 es significativamente mayor durante la Vigilia y el SOL en comparación con el SP (tabla 32).

TABLA 32: Resultados de las comparaciones para todas las bandas de las medias de la correlación interparietal, durante la vigilia (VIG), el sueño de ondas lentas (SOL) y el sueño paradójico (SP).

	DELTA	THETA	ALFA1	ALFA2	BETA1	BETA2	TOTAL
SOL- SP	<.05	- -	<.01	- -	- -	<.05	- -
SOL-VIG	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
VIG- SP	<.05	- -	<.01	- -	- -	<.01	- -

6.2 Potencia absoluta (PA)

Los valores de PA, transformados a logaritmos, durante la vigilia, el sueño de ondas lentas y el sueño paradójico en los bloques correspondientes a las horas 4 y 5 de recuperación de sueño se muestran en la tabla 20.

Los análisis de varianza (etapas x horas) muestran los siguientes resultados:

- El factor etapas fue significativo para cada una de las bandas, excepto para Alfa1 y Beta2. En todos los casos se observa mayor PA en el SOL en comparación con la vigilia (fig. 10 A y B).
- El factor horas fue significativo para las bandas de Alfa1, Alfa2, Beta1, Beta2 y para la banda total. En la hora 5 hubo más PA en todas las bandas en comparación con la hora 4 de recuperación de sueño.
- No se encontraron diferencias significativas en la interacción (tabla 33).

TABLA 33: Resultados de los ANDEVAS de dos factores (etapas x horas) la potencia absoluta de todas las bandas durante el bloque correspondiente a la hora 4 comparado con el bloque correspondiente a la hora 5 de recuperación de sueño.

	A - FACTOR ETAPAS gl = 2.30		B - FACTOR HORAS gl = 1.30		AXB gl = 2.30	
	F	p	F	p	F	p
DELTA	16.95	<0.001*	1.63	0.209	0.22	0.803
THETA	5.48	0.009*	3.24	0.079	0.22	0.808
ALFA1	1.96	0.157	5.38	0.026	0.14	0.871
ALFA2	9.35	<0.001*	5.32	0.027	0.04	0.964
BETA1	6.55	0.005*	8.16	0.008	0.04	0.960
BETA2	1.78	0.185*	9.59	0.004	0.01	0.989
TOTAL	10.37	<0.001*	4.10	0.049	0.17	0.843

- Las comparaciones entre medias nos indican diferencias significativas en la PA de todas las bandas a excepción de la banda Alfa1.
- La PA de las bandas Delta, Theta, Alfa2, Beta1 y la banda total fue significativamente mayor en el SOL que en el SP.
- En las bandas Alfa2, Beta1 y la banda Total, la PA fue significativamente mayor en SP que en Vigilia y en la banda Delta fue significativamente mayor en Vigilia que en SP (tabla 34).

TABLA 34: Resultados de las comparaciones para todas las bandas de las medias de la Potencia absoluta, durante la vigilia (VIG), el sueño de ondas lentas (SOL) y el sueño paradójico (SP).

	DELTA	THETA	ALFA1	ALFA2	BETA1	BETA2	TOTAL
SOL- SP	<.01	<.01	<.01	<.01	<.01	- -	<.01
SOL-VIG	<.01	- -	<.01	<.01	<.01	- -	<.01
VIG- SP	<.05	- -	- -	- -	- -	- -	- -

8.3 Potencia relativa (PR)

Los valores de PR durante la vigilia, el sueño de ondas lentas y el sueño paradójico en los bloques correspondientes a las horas 4 y 5 de recuperación de sueño, se muestran en la tabla 23.

Los análisis de varianza de dos factores (etapas x horas), mostraron los siguientes resultados:

- El factor etapas fue significativo para cada una de las bandas a excepción de las bandas Alfa2 y Beta1.
- No se encontraron diferencias significativas para el factor horas ni para la interacción (ver tabla 35).

TABLA 35: Resultados de las comparaciones para todas las bandas de las medias de la potencia relativa, durante la vigilia, el sueño de ondas lentas y el sueño paradójico, en el bloque correspondiente a la hora 4 comparado con el bloque correspondiente a la hora 5.

	A = FACTOR ETAPAS gl = 2.30		B = FACTOR HORAS gl = 1.30		AXB gl = 2.30	
	F	p	F	p	F	p
DELTA	29.85	<0.001*	0.40	0.539	0.14	0.871
THETA	4.52	0.019*	0.59	0.547	0.35	0.711
ALFA1	23.51	<0.001*	2.21	0.144	0.03	0.975
ALFA2	1.54	0.230	0.07	0.793	1.05	0.364
BETA1	2.57	0.092	1.24	0.274	0.92	0.587
BETA2	14.66	<0.001*	0.92	0.653	0.67	0.526

- El resultado de las comparaciones entre medias arrojó diferencias significativas entre el SP y el SOL para las bandas Delta, Theta, Alfa1 y Beta2, entre el SP y la Vigilia para las bandas Delta, Alfa1 y Beta2 y entre Vigilia y SOL para las bandas Delta, Theta y Beta2.
- La proporción de la banda Delta es significativamente mayor durante el SOL en comparación con la Vigilia y con el SP, es en éste último, donde la contribución proporcional de la banda es significativamente menor (fig. 11 B).
- La proporción de la banda Alfa1 es significativamente mayor durante el SP en comparación con la Vigilia y con el SOL. La banda Beta2 es significativamente menor en el SOL

en comparación con la vigilia (tabla 36 y fig. 11 A y B).

TABLA 36: Resultados de las comparaciones de cada banda durante la vigilia (VIG), el sueño de ondas lentas (SOL) y el sueño paradójico (SP).

	DELTA	THETA	ALFA1	ALFA2	BETA1	BETA2
SP -SOL	<.01	<.05	<.01	- -	- -	<.01
SP -VIG	<.01	- -	<.01	- -	- -	<.05
VIG-SOL	<.05	<.05	- -	- -	- -	<.01

DISCUSION

La privación total de sueño por 6 horas provocó cambios significativos en el EEG de la vigilia en la rata que se caracterizaron por una disminución de la correlación interhemisférica así como un incremento de la potencia absoluta y cambios en la potencia relativa, la proporción de la banda alfa1 aumentó y la de beta2 disminuyó. Los cambios en la potencia absoluta se empezaron a hacer evidentes después de los 150 minutos de privación.

Seis horas de recuperación de sueño fueron suficientes para que la correlación y la potencia relativa regresaran a los valores obtenidos durante la línea base. La potencia absoluta, en cambio, mostró un rebote negativo, es decir, que conforme transcurrió la recuperación, la potencia absoluta empezó a disminuir llegando a valores menores a los obtenidos durante la línea base.

Un efecto similar fue observado por Friedman y cols. (1979), al segundo y tercer día de recuperación, posterior a la PTS de 24 horas. Uno de los autores de este estudio, Rechtschaffen, propone como explicación la hipótesis de un mecanismo "inhibitorio del sueño" que sería el responsable de la terminación del sueño en condiciones normales. Este mecanismo podría ser una sustancia que se acumula durante la PTS y se liberaría al iniciar el sueño. La PTS provoca, primero, un incremento del sueño y, por lo tanto, un aumento en la sustancia inhibitoria del mismo y segundo, como consecuencia de este aumento habría un rebote negativo.

Los otros dos autores, Friedman y Bergmann, lo explican como oscilaciones en ambos sentidos de un servomecanismo hasta que vuelve a regresar a su posición original. Probablemente un mecanismo similar estaría involucrado en el rebote negativo de la potencia absoluta.

Los cambios que se observaron en la potencia absoluta y en la correlación interparietal de la vigilia de la rata, después de 6 horas de PTS son similares a los encontrados en el hombre (Corsi-Cabrera y cols., 1990 b). En estos también se encontró un aumento en la potencia absoluta y una disminución en la correlación interhemisférica.

La potencia relativa muestra, algunas diferencias en comparación con los resultados obtenidos en el ser humano, aunque éstas solo son aparentes. En el hombre, después de la privación total de sueño se incrementa la PR de la banda Beta1, mientras que en la rata se incrementa la PR de la banda Alfa1. Sin embargo, la frecuencia de Alfa1, en la rata, corresponde funcionalmente hablando al extremo rápido del ritmo theta. La banda Theta en la rata y la banda Beta en el hombre, están relacionadas con estados de alertamiento y atención, por lo tanto tienen un significado funcional similar. En ambos casos está aumentado el nivel de alertamiento.

El regreso a la línea base de la PR y de la correlación interparietal puede atribuirse a los efectos del sueño, ya que las cantidades obtenidas para el SOL y para el SP durante la

recuperación son semejantes a los reportados por otros autores para la rata que se utiliza en bioterios mexicanos, en condiciones de sueño normal (Corsi-Cabrera y cols., 1988a). Estas cantidades difieren de otros autores porque, posiblemente, la forma de crianza en otros bioterios del mundo sea diferente.

La privación selectiva de sueño paradójico provoca, también, una disminución de la correlación interparietal (Ponce de León y cols., 1989), comparable a la observada con la PTS. Aunque se observa que el efecto de la PTS sobre la correlación interhemisférica es mayor y se obtiene más rápido, que los efectos obtenidos con la privación selectiva de sueño paradójico, con la cual se necesitan entre 24 y 48 horas de privación para lograr el mismo efecto que se logra con 6 horas de PTS.

El aumento en la PA provocada por la falta de sueño no se observa en la privación selectiva de sueño paradójico. Los cambios en la potencia relativa son diferentes en los dos tipos de privación, mientras que con la PTS se obtiene un incremento en la proporción de la banda alfa y un decremento en la banda beta2, con la privación selectiva de sueño paradójico solamente se aprecia un incremento en la contribución proporcional de la banda delta.

El estrés inducido en la rata mediante inmersión diaria en agua fría (30 minutos al día), produce también una disminución en la correlación interhemisférica (Ponce de León y cols., 1989). Esta se inicia después de la segunda inmersión (segundo día), sin afectar a la potencia absoluta.

El efecto de la PTS sobre la correlación interhemisférica

desaparece después de 6 horas de recuperación, mientras que la disminución provocada por el estrés no se revierte antes de 24 horas sin inmersión, a pesar de que la rata pueda dormir libremente. Es decir, que los efectos de la PTS y del estrés siguen un curso diferente, reflejando probablemente, diferentes mecanismos.

Hasta la fecha no se ha podido descartar totalmente la presencia del estrés asociado a la pérdida de sueño, independientemente de la técnica empleada para suprimirlo. La PTS se acompaña tanto del estrés producido por la técnica de privación como por el estrés, probablemente intrínseco a la pérdida de sueño. Pero, con los resultados presentes no es posible diferenciar los mecanismos involucrados en la disminución de la correlación, en estos dos casos.

La potencia absoluta de la banda total durante el sueño presenta una modulación circadiana. El valor mínimo, de la potencia absoluta total durante el periodo de luz, se observa a las 14:30 horas (Steinfels y cols., 1980). No existen datos sobre el EEG de vigilia pero podría suponerse que se comporta de la misma manera. Esto significa que el incremento de la potencia absoluta, observado en este trabajo después de 6 horas de privación, no se debe a la influencia circadiana, puesto que en ese momento del día se esperaría una disminución y no un aumento en la PA.

Aunque en la rata casi no hay estudios sobre el aumento o la disminución en la correlación interhemisférica. En el hombre, se ha encontrado que la disminución de éste parámetro, así como el

aumento en la PA está asociado a estados que muestran un cierto grado de disfunción dentro de límites tanto patológicos, como el coma (Grindel, 1982) y la demencia (O'Connor y cols., 1979), entre otros, como no patológicos, uno de ellos sería la etapa premenstrual en la mujer (Solís-Ortiz y cols., 1990 y 1991), el diestro en el ciclo estral de la rata (Corsi-Cabrera y cols., 1991) y la ejecución más pobre en pruebas de inteligencia y de habilidad específica (Arce y cols., 1991). La disminución de la correlación interhemisférica y el aumento en la PA, producto de la privación total de sueño en la rata, también podrían interpretarse como disfuncionales.

El SOL se caracterizó por un aumento en la potencia absoluta de todas las bandas en comparación a la vigilia y al SP. Este último se caracterizó por presentar una menor potencia absoluta de las bandas delta y theta, así como de la banda total, y una mayor potencia absoluta de la banda alfa que la vigilia.

La contribución proporcional de cada banda difiere de un estado a otro, proporcionando información adicional. Durante el SOL disminuye la proporción de todas las bandas, excepto de la banda delta, en tanto que durante el SP, aumenta la proporción de las bandas alfa1, alfa2, beta1 y beta2, y disminuye la banda delta. Lo que diferencia un estado de otro es la proporción de sus ingredientes (PR) y no solo la cantidad (PA).

La comparación entre el EEG de SOL y del SP entre el bloque 4 y el bloque 5 de recuperación de sueño, no mostró diferencias significativas en la correlación ni en la potencia relativa.

Esto muestra que ambos parámetros se estabilizaron, después de cuatro horas de recuperación. La potencia absoluta, por el contrario, sí mostró diferencias significativas, siendo mayor en el bloque 5 que en el bloque 4.

Los valores de correlación observados en vigilia, SOL y SP fueron significativamente diferentes. En experimentos previos (Corsi-Cabrera y cols., 1989, a y b), han encontrado que la correlación es mayor en sueño, tanto lento como paradójico que en vigilia. Este resultado solamente se confirmó para la banda de Alfa1.

En los estudios realizados sobre el EEG del sueño, tanto en el hombre como en la rata por el grupo de Borbély (Borbély y cols., 1984; Tobler y Borbély, 1986; Tobler y Borbély, 1990), ha encontrado constantemente un incremento en la PA del sueño de las bandas lentas como la banda delta y theta, después de la PTS. Ellos lo han interpretado como un reflejo de la necesidad de sueño la cual se va acumulando con las horas de vigilia. En este trabajo se observa un incremento de la PA pero en el EEG de la vigilia posterior a la privación de sueño, que probablemente esté reflejando un mecanismo similar.

La PTS produce cambios en la conducta del ser humano, relacionados con una disminución en el nivel de ejecución de diversas tareas, por ejemplo: lentificación y aumento de omisiones en tareas aritméticas (Williams y Lubin, 1967), mayor número de errores en tareas de atención sostenida (Friedman y cols., 1971), deterioro en la memoria inmediata (Williams y cols., 1966), aumento en el tiempo de reacción (Lisper y

Kjelleberg, 1972) y disminución en la habilidad psicomotora (Luby y cols., 1962). En el hombre tal deterioro en la eficiencia para realizar las tareas debe tener su explicación en una disfunción en el SNC, por lo que resulta muy importante conocer los cambios funcionales del SNC, después de la PTS. Se ha observado que la PTS produce modificaciones en la actividad EEG, tales como, disminución de la correlación interhemisférica, aumento de la PA y cambios en la contribución proporcional de las bandas del EEG (Corsi-Cabrera y cols., 1990a y b). Es importante corroborar la existencia de éstos cambios en la rata, ya que esta especie permite llevar a cabo estudios específicos del SNC, que no pueden realizarse en el ser humano.

La comprensión del funcionamiento del Sistema Nervioso y la relación entre éste y la conducta es importante para predecir cambios conductuales y, en la medida de lo posible, controlarlos y explicarlos, que es uno de los fines que persigue la Psicología.

BIBLIOGRAFIA

- Alfsidi, P., Tobler, I. y Borbély, A. Sleep regulation in rats during early development. American Physiological Society. pp. 634-644. 1990.
- Arce, C., Corsi-Cabrera, M., Ramos, y Guevara, M.A. Relación entre el EEG y aptitudes, estilos perceptuales e inteligencia. XXXIV Congreso Nacional de Ciencias Fisiológicas. Colima, col. Sept. de 1991. Resumen C227.
- Arce, C., Corsi-Cabrera, M., Ramos, J. y Guevara, M.A. Característica electroencefalográfica de la habilidad espacial en sujetos con puntajes extremos. Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas. Clin. 36. pág. 87. 1991.
- Banquet, J.P. Inter and intrahemispheric relationships of the EEG activity during sleep in man. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology. 55: 51-59. 1983.
- Benca, R., Kushida, C., Everson, C., Kalski, R., Bergmann, B., y Rechtschaffen, A. Sleep deprivation in the rat: VII. Immune function. Sleep. 12(1): 47-52. 1989.
- Bergmann, B., Everson, C., Kushida, C., Fang, V., Leitch, C., Schoeller, D., Refetoff, S. y Rechtschaffen, A. Sleep deprivation in the rat: V. Energy use and mediation Sleep. 12(1): 31-41. 1989.
- Bergmann, B., Mistlberger, E. y Rechtschaffen, A. Period-amplitude analysis of rat electroencephalogram: Stage and diurnal variations and effects of suprachiasmatic nuclei lesions. Sleep. 10(6): 523-536. 1987.
- Bergmann, B., Kushida, C., Everson, C., Gilliland, M., Obermeyer, W. y Rechtschaffen, A. Sleep deprivation in the rat: II Methodology. Sleep. 12(1): 5-12. 1989.
- Bergmann, M., Winter, B., Rosenberg, S. y Rechtschaffen, A. NREM sleep with low-voltage EEG in the rat. Sleep. 10(1): 1-11. 1987.
- Bonnet, M.H. Sleep restoration as a function of periodic awakening, movement, or electroencephalographic change. Sleep. 10(4): 364-373. 1987.
- Borbély, A., Tobler, I. y Hanagasioglu, M. Effect of sleep on sleep and EEG power spectra in the rat. Behavioural Brain Research. 14: 171-182. 1984.
- Cohen, H. y Dement, W. Sleep, changes in threshold to electroconvulsive shocks in rats after deprivation of "paradoxical" phase. Science. 150, pp. 13-18. 1965.

- Cohen, H., Duncan, R. y Dement, W. Sleep: The effects of electroconvulsive shocks in cats deprived of REM sleep. *Science*, 156, p. 1646, 1967.
- Cohen, H., Thomas, J. y Dement, W. Sleep styles, REM deprivation and electroconvulsive threshold in the cat. *Brain Research*, 19, pp. 141-142, 1970.
- Corsi-Cabrera, M., Blázquez, N., Galarraga, E., Signoret, L. y Valle, P. Effects of lighth deprivation on sleep in the rat. *Physiol. Behav.*, 28, pp. 437-440, 1982.
- Corsi-Cabrera, M. *Psicofisiología del sueño*. Edit. Trillas, 1983.
- Corsi-Cabrera, M., Meneses, S., Molina, E. Correlación interhemisférica y acoplamiento temporal de la actividad eléctrica cortical durante la vigilia, la etapa II y el sueño paradójico en el hombre. *Revista Mexicana de Psicología*, 4, pp. 100-108, 1987.
- Corsi-Cabrera, M., González-Rudo, R., Molina, E. Correlación interhemisférica y acoplamiento temporal de la actividad eléctrica durante la vigilia y el sueño en la rata. *Revista Mexicana de Psicología* 5(1): 15-21, 1988 a.
- Corsi-Cabrera, M., Gutiérrez, S., Ramos, J. y Arce C. Interhemispheric correlation of EEG activity during successful an unsuccessful cognitive performance. *Intern. J. Neuroscience*, 39: 253-259, 1988 b.
- Corsi-Cabrera, M., Herrera, M. y Malvido, M. Correlation between EEG and cognitive abilities: sex differences. *Intern. J. Neuroscience*, 45: 133-141, 1989 a.
- Corsi-Cabrera, M., Ramos, J. y Meneses, S. Effect of normal sleep deprivation on interhemispheric correlation during subsequent wakefulness in man. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 72: 305-311, 1989 b.
- Corsi, M., Ramos, J., Arce, C., Ponce de León, M., Guevara, M. y Lorenzo, I. Cambios en la correlación interhemisférica durante la vigilia por efecto del sueño y de su privación. *Memorias del XXXIII Congreso Nacional de Ciencias Fisiológicas*, 1990 a.
- Corsi, M., Ramos, J., Arce, C., Ponce de León, M., Guevara, M. y Lorenzo, I. Semejanza de la actividad eléctrica entre zonas cerebrales durante la vigilia por efecto del sueño y de su privación. *Memorias del XXXIII Congreso Nacional de Ciencias Fisiológicas*, 1990 b.

- Dement, W.C. y Kleitman, N. Cyclic variations in EEG during sleep and their relation to eye movements, body motility and dreaming. *EEG Clinic. Neurophysiol.*, 9. pp. 673-690. 1957.
- Dijk, D. y Beersma, M. Effects of SWS deprivation on subsequent EEG power density and spontaneous sleep duration. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. 72: 312-320. 1989.
- Dijk, D., Beersma, M., Daan, S., Bloem, D. y Van Hoofdakker, R. Quantitative analysis of the effects of slow wave sleep deprivation during the first 3 h of sleep on subsequent EEG power density. *Eur Arch Psychiatr Neurol Sci*. 236: 323-328. 1987.
- Dijk, D., Beersma, M., Daan, S. y Lewy, J. Bright morning light advances the human circadian system without affecting NREM sleep homeostasis. *American Physiological Society*; pp. 106-111. 1989.
- Dijk, D. y Daan S. Sleep EEG spectral analysis in a diurnal rodent: *Eutamias sibiricus*. *Journal of Comparative Physiology A.*, 165: 205-215. 1989.
- Downey, R. y Bonnet, H. Performance during frequent sleep disruption. *Sleep*. 10(4): 354-363. 1987.
- Dumermuth, G., Lange, B., Lehmann, D., Meier, C., Dinkelmann, R. y Molinari, L. Spectral analysis of all-night sleep EEG in healthy adults. *European Neurology*, 22: 322-339. 1983.
- Dumermuth, G. y Lehmann, D. EEG power and coherence during non-REM and REM phases in humans in all-night sleep analyses. *European Neurology*. 20: 429-434. 1981.
- Etevenon, P y Giannella F. Waking and sleeping states in the rat from an EEG data analysis point of view. *Waking and Sleeping*, 4: 35-45. 1980.
- Everson, C., Bergmann, B. y Rechtschaffen, A. Sleep deprivation in the rat: III Total sleep deprivation. *Sleep*. 12(1): 13-21. 1989.
- Everson, C., Gilliland, C., Kushida, C., Pilcher, J., Fang, V., Refetoff, S., Bergmann, B. y Rechtschaffen, A. Sleep deprivation in the rat: IX Recovery. *Sleep*. 12(1): 60-67. 1989.
- Ferguson, J. y Dement, W. The effect of variations in total sleep time on the occurrence of rapid eye movement sleep in the cat. *EEG Clinical Neurophysiology*. 22. pp. 2-10. 1967.
- Friedman, L., Bergmann, M. y Rechtschaffen, A. Effects of sleep deprivation on sleepiness, sleep intensity, and subsequent sleep in the rat. *Sleep*. 1(4): 369-391. 1979.

- Friedman, R.C., Bilgger, J.T. y Kornfeld, D. The intern and sleep loss. *New England J. Medical.* 285: 201-203. 1971.
- Gilliland, M., Bergmann, M. y Rechtschaffen, A. Sleep deprivation in the rat: VIII. High EEG amplitude sleep deprivation. *Sleep* 12(1): 53-59. 1989.
- Handwerker, M.J. y Fishbein, W. Neural excitability after paradoxical sleep deprivation: a replication and further examination. *Physiology and Psychology.* 3, pp. 137-140. 1975.
- Harmony, T., Alcaraz, Victor M. Daño cerebral (diagnóstico y tratamiento). Edit. Trillas. 1987.
- Hartman, E., Marcus, J. y Leinoff, A. The sleep-dream cycle an convulsive threshold. *Psiconom. Science.* 13, pp. 141-142. 1968.
- John E. Roy. *Functional Neuroscience*, vol. II. *Neurometrics: Clinical Application of Quantitative Electrofisiology.* Hillsdale, Lawrence Erlbaum Associates, Nueva York, 1977.
- Jouvet Mounier, D., Astic, L. y Lacote, D. Ontogenesis of the states of sleep in rat, cat and guinea pig during the first postnatal month. *Dev. Psychobiol.* 2, págs. 216-239. 1970.
- Kales, A., Hoedemaker, S., Jacobson, A. y Liechtenstein, L. Dream deprivation: An experimental reappraisal. *Nature.* 26, pp. 1337-1338. 1964.
- Kiyono, S., Takawamoto, T., Sakura, H. y Iwama, K. Effects of sleep deprivation upon the paradoxical phase of sleep in the cats. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 19, pp. 34-40. 1965.
- Kushida, C., Bergmann, B. y Rechtschaffen, A. Sleep deprivation in the rat: IV. Paradoxical sleep deprivation. *Sleep*, 12(1): 22-30. 1989.
- Kushida, C., Everson, C., Suthipinittharm, P., Sloan, J., Soltani, K., Bartnicke, B., Bergmann, B. y Rechtschaffen, A. Sleep deprivation in the rat: VI. Skin changes. *Sleep.* 12(1): 42-46. 1989.
- Lancel, M. y Kerkhof, G.A. Effects of repeated sleep deprivation in the dark- or light- Period on sleep in rats. *Physiology and Behavior.* 45, pp. 289-297. 1989.
- Lars, T., Torbjörn, A. y Göran, L. Effects on sleep stages and EEG power density of different degrees of exercise in fit subjects. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology.* 57: 347-353. 1984.

- Lisper, H. y Kjelleberb, A. Effects of 24 hours deprivation on rate of decrement in a ten minutes auditory reaction time task. *J. Exp. Psychology*, 96: 287-290, 1972.
- Loomis, A.L., Harvey, E.N. y Hobart, G.A. further observations on the rhythms of the cerebral cortex during sleep. *Science*, 81. pp. 597-598, 1935 a.
- Loomis, A.L., Harvey, E.N. y Hobart, G.A. Further observations on the rhythms of the cerebral cortex during sleep. *Science*, 82. pp. 198-200, 1935 b.
- Luby, E.D., Grisell, J.L., Frohman, Ch.E., Lees, H., Cohen, B.D. y Godlieb, J.S. Biochemical, Psychological and behavioral responses to sleep deprivation. *Ann N. Y. A. Science* 96: 71-78, 1962.
- Mistlberger, E., Bergmann, B., Waldenar, W. y Rechtschaffen, A. Recovery sleep following sleep deprivation in intact and suprachiasmatic nuclei-lesioned rats. *Sleep*, 6(3): 217-233, 1986.
- Mistlberger, R., Bergmann, B. y Rechtschaffen, A. Period-Amplitude analysis of rat electroencephalogram: Effects of sleep deprivation and exercise. *Sleep*, 10(6): 508-522, 1987.
- Moiseeva, N.I. The significance of different sleep stages for the regulation of electrical brain in man. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 46: 371-381, 1979.
- Moldofsky, H. y Scarisbrick, P. Induction of neurasthenic musculoskeletal pain syndrome by selective sleep stage deprivation. *Psychosomatic Medical*, 38, pp. 33-44, 1976.
- O'Connor, K., Shaw, J. y Ongley, C. The EEG and differential diagnosis psychogeriatrics. *Brit. J. Psychiat.* 135:156-162, 1979.
- Ponce de León, M., Corsi-Cabrera, M., Juárez, J., Ramos, J. y Guevara, M.A. Cambios electroencefalográficos en la vigilia posterior a la privación de sueño paradójico y al estrés en ratas. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*. Exp.20, pág. 72. 1991.
- Reynolds III, F., Kupfer, J., Hoch, C., Stack, A., Houck, R. y Berman, P. Sleep deprivation in healthy elderly men and women: effects on mood and on sleep during recovery. *Sleep*, 9(4): 492-501, 1986.
- Rechtschaffen, A., Bergmann, B., Everson, C., Kushida, C. y Gilliland, M. Sleep deprivation in the rat 1: conceptual issues. *Sleep*, 12(1): 1-4, 1989.

- Rosenberg, S. Richard, Bergman, M. Bernard y Rechtschaffen, A. Variations in slow wave activity during sleep in the rat. *Physiology and Behavior*, 17, pp. 931-938, 1976.
- Rosenberg, S., Bergmann, B., Son, H., Arnason, B. y Rechtschaffen, A. Strain Differences in the sleep of rats. *Sleep*, 10(6): 537-541, 1937.
- Skinner, E. James. *Neurociencia, manual de laboratorio*. Edit. Trillas, 1963.
- Solís, S., M., Corsi-Cabrera, J., Ramos, J., Arce, C. y Guevara, M.A. Correlatos electroencefalográficos del ciclo menstrual. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, Clin. 37, pág. 88, 1991.
- Solís ortíz, S., Corsi-Cabrera, M., Ramos, J., Arce, C. y Guevara, M.A. Estabilidad de los parámetros electroencefalográficos de la mujer en registros repetidos. XXXIV Congreso Nacional de Ciencias Fisiológicas, Colima, col. Sept. de 1991. Resumen C228.
- Steinfels, F. George, Young, A. Gerald y Khazam Naim. Diurnal variations in REM and NREM EEG power spectra in the rat. *Brain Research*, 181, pp. 425-432, 1980.
- Takeuchi, E., Negamura, E. y Iwahara, S. Relations of EEG, patterns with arousal level of the rat. *The annual of animal psychol.* 20: 19-26, 1970.
- Tobler Irene. Napping and polyphasic sleep in mammals. D.F. Dinges y R.J. Brouhnton (edits), *Sleep and Alertness: Chronobiological, Behavioral and Medical Aspects of Naping*. Raven Press, Ltd., New York, 1989.
- Tobler, I. y Borbély, A. Sleep EEG in the rat as a function of prior waking. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 67: 74-76, 1986.
- Tobler, I. y Borbély, A. The effect of 3-h and 6-h sleep deprivation on sleep and EEG spectra of the rat. *Behavioural Brain research*, 36, pp. 73-78, 1990.
- Tobler, I. y Jaggy, K. Sleep and EEG spectra in the Syrian hamster (*Mesocricetus auratus*) under baseline conditions and following sleep deprivation. *Journal of Comparative Physiology A*, pp. 449-459, 1987.
- Tobler, I. y Scherschlicht, R. Sleep and EEG slow-wave activity in the domestic cat: effect of sleep deprivation. *Behavior Brain Research*, 37, pp. 109-118, 1990.

- Trachsel, L., Tobler, I. y Borbély, A. Effect of sleep deprivation on EEG slow wave activity within non-REM sleep episodes in the rat. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 73, pp. 167-171, 1989.
- Williams, H.L. Gieseking, Ch.F. y Lubin A. Some effects of sleep loss on memory. *Perceptual Motor Skills*, 23: 1287-1293, 1966.
- Williams, H.L. y Lubin, A. Speeded addition and sleep loss. *J. Exp. Psychology*, 73: 313-317, 1967.
- Young, A. Gerard, Steinfeld, F. George y Khazam Naim. Cortical EEG power spectra associated with sleep-awake behavior in the rat. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 8, pp. 89-91, 1978.