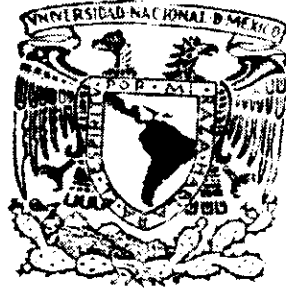


11281

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**DIVISION DE POSGRADO
FACULTAD DE MEDICINA**



**"CAMBIOS EN LA ACTIVIDAD ELECTRICA CORTICAL DURANTE LA TOMA
DE DECISIONES RELACIONADOS CON LA ANSIEDAD Y LA DEPRESIÓN EN
EL CICLO MENSTRUAL DE LA MUJER"**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTORA EN CIENCIAS BIOMEDICAS

P R E S E N T A

MARTHA SILVIA SOLÍS ORTIZ

DIRECTORA DE TESIS: DRA. MARÍA CORSI CABRERA

SINODALES: DRA. THALIA HARMONY BAILLET

DR. JOSE LUIS DIAZ GOMEZ

DR. HUMBERTO NICOLINI SANCHEZ

DR. ALONSO FERNANDEZ GUASTI

DR. CARLOS VALVERDE RODRIGUEZ

DRA. GABRIELA MORALI DE LA BRENA

MEXICO, D.F.

2000

2000



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A mi hija Ariadna

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. María Corsi Cabrera por su apoyo y valiosa dirección en la realización de esta investigación.

A los coasesores, Dra. Thalia Harmony Baillet y al Dr. Carlos Valverde Rodríguez por sus valiosos comentarios que ayudaron a mejorar este trabajo.

Al Dr. Miguel Angel Guevara, por su apoyo técnico en el desarrollo de programas de computación especiales para la captura de la señal electroencefalográfica y de análisis estadístico.

A la Mtra. Yolanda del Río Portilla, por su apoyo en la metodología.

Al Ing. Eduardo Molina, por su apoyo en aspectos electrónicos y de computo.

Muy especialmente a Asunción, Conchita, Elena, Guadalupe, Liliana, Lourdes, Martha, Ma. Elena y Ma. Elena por su participación en esta investigación.

A los sinodales de esta tesis, por sus valiosos comentarios y recomendaciones.

Al Instituto de Investigaciones Médicas de la Universidad de Guanajuato, por el apoyo recibido para realizar esta investigación.

RESUMEN

Antecedentes. La ejecución de algunas tareas verbales, espaciales, de coordinación motora fina y tiempo de reacción han mostrado cambios dependientes de las fases del ciclo menstrual. Sin embargo, son pocas las investigaciones que han evaluado sistemáticamente las funciones específicas del lóbulo frontal a pesar de que algunos de los síntomas que se reportan con mayor frecuencia en la etapa premenstrual como labilidad afectiva, incremento en la distracción, falta de concentración y aturdimiento están relacionados con el lóbulo frontal. Los cambios cognoscitivos que reportan las mujeres son sutiles y difíciles de detectar y de caracterizar con pruebas estándares, pero estos cambios se pueden reflejar en pruebas específicas de funciones del lóbulo frontal. Además, la ansiedad y la depresión se incrementan en la etapa premenstrual y esto se ha relacionado con empeoramiento en la ejecución cognoscitiva.

La actividad eléctrica cortical (EEG) registrada en reposo, también ha mostrado oscilaciones con las diferentes fases del ciclo menstrual. Sin embargo, la actividad EEG no ha sido aplicada para estudiar la ejecución de tareas cognoscitivas que se relacionen con funciones del lóbulo frontal durante el ciclo menstrual de la mujer. Es posible que la ejecución de este tipo de tareas cambie durante las diferentes etapas del ciclo y se refleje en la potencia y en la correlación interhemisférica (zonas corticales entre dos hemisferios) e intrahemisférica (zonas corticales entre un mismo hemisferio). Además, no se han hecho estudios donde se evalúe en un mismo grupo de mujeres, la habilidad espacial, verbal, coordinación motora, tiempo de reacción, atención, ansiedad y depresión y actividad EEG en reposo.

Objetivos. El objetivo general fue evaluar en un mismo grupo de mujeres la ejecución durante las diferentes fases del ciclo menstrual en una batería de pruebas que incluyó: a) atención sostenida para discriminar estímulos continuos y tiempo de reacción; b) habilidades que favorecen a las mujeres (fluidez verbal, coordinación motora y visualización espacial); c) ansiedad y depresión; d) el EEG en reposo y e) específicamente, la ejecución de una tarea de "toma de decisiones" que implica una función del lóbulo frontal con el registro simultáneo de la actividad EEG en la región fronto-central.

Metódo. Participaron 9 mujeres voluntarias entre 20 y 35 años de edad. Se determinó el período menstrual, y a partir de este, el resto de las etapas del ciclo. Se corroboró por medio del registro diario de la temperatura basal. El ciclo menstrual se dividió en etapa ovulatoria (días 13-14), fase lútea temprana (días 20-21), fase lútea tardía (días 24-25) y etapa menstrual (días 1-2). Se registró en cada una de las etapas del ciclo la actividad EEG en F3, F4, C3 y C4 en reposo con ojos abiertos y durante la ejecución de la tarea toma de decisiones "Wisconsin Card Sorting Test" que mide funciones del lóbulo frontal y la ejecución de una tarea de vigilancia continua por computadora, una tarea de fluidez verbal, una de colocación de pijas en un tablero, una de localización de una "x" y las escalas de Idare y Beck para evaluar la ansiedad y la depresión. Se capturó la señal en línea en una computadora PC y se analizaron 10 muestras libres de artefactos en línea base y 10 segmentos que antecedieron a la respuesta en la tarea "toma de decisiones" con una duración de 2.56 seg y se utilizó un intervalo de muestreo de 8 mseg entre un punto y otro (125 Hz). Se obtuvo la potencia absoluta (PA) y relativa (PR), la correlación interhemisférica e intrahemisférica de la actividad EEG para las bandas de delta, theta, alpha 1, alpha 2, beta1 y beta 2. Los puntajes obtenidos de estas pruebas y en el EEG se sometieron a análisis de varianza y a análisis de componentes principales.

Resultados. La *toma de decisiones fue mejor* en la fase lútea temprana, cuando los niveles de estrógenos y de progesterona son altos y se asoció con mayor PA de las bandas de theta, alfa 2, beta 1 y beta 2, con mayor PR de alfa 1 y beta 1 y con mayor correlación interhemisférica de theta y alfa 2. La ejecución de esta prueba *fue peor* en la fase lútea tardía, cuando disminuyen ambas hormonas y se asoció con un decremento de la PA de theta, alfa 2, beta 1 y beta 2, con un decremento de la PR de alfa 1 y beta 1 y con decremento de la correlación de theta y alfa 2.

La actividad EEG registrada en de la línea base mostró las siguientes características: En la *fase ovulatoria* se caracterizó por menor potencia de beta 1, comparado con las otras tres etapas. En este sentido fue mayor la proporción de delta y menor de theta y fue mayor correlación interhemisférica de alfa 2. En esta fase, la ejecución en la habilidad motora y la localización espacial fue eficiente, mientras que la ejecución de la tarea de vigilancia y de fluidez verbal fue deficiente. En la *fase lútea temprana*, se observó mayor potencia de beta 1, en el mismo sentido mencionado antes, mayor proporción de theta y beta 1 y menor potencia de alfa 1 y alfa 2 y menor proporción de delta y menor correlación interhemisférica de alfa 2. En esta fase ocurrió la mejor ejecución de la tarea de vigilancia y el mayor índice de depresión cognoscitiva. En la *fase lútea tardía*, se observó un incremento de la potencia, proporción y correlación interhemisférica de delta, alfa 1 y alfa 2 y una disminución de la proporción de theta y beta 1. En esta fase ocurrió la peor ejecución de la habilidad motora y localización espacial y la mejor ejecución de la fluidez verbal. En la *menstruación* se observó un incremento de la potencia, proporción y correlación de theta, alfa 1 y alfa 2 y una disminución de la proporción de delta. En esta etapa ocurrió el menor índice de depresión y un ligero mejoramiento en la vigilancia, habilidad motora y en la localización espacial.

Conclusiones. Los resultados obtenidos muestran que la ejecución de las tareas de toma de decisiones, que requiere de la memoria de trabajo, de la habilidad motora, localización espacial y de vigilancia continua es mejor en las fases ovulatoria y lútea temprana, cuando los niveles de estrógenos y de progesterona son altos, y se asocian con mayor activación de las regiones frontales. Estos resultados sugieren los efectos facilitatorios que se han descrito para las hormonas gonadales sobre las funciones cognoscitivas. El empeoramiento de la tarea toma de decisiones durante la fase lútea tardía indica una búsqueda infructuosa de soluciones, lo que sugiere ya sea un fracaso para suprimir decisiones al azar y/o una deficiencia en la memoria de trabajo asociada con baja activación de las regiones frontales durante esta fase del ciclo menstrual. Es posible que un decremento en la actividad moduladora estrógenica y de progesterona durante la fase lútea tardía, produzca cambios transitorios en el funcionamiento del lóbulo frontal que afecten la memoria de trabajo. Además, el empeoramiento en la fase lútea tardía de las habilidades que favorecen a las mujeres (localización espacial, tiempo de reacción y habilidad motora), asociado con un decremento en la actividad beta e incremento de la actividad lenta registrada en reposo, sugiere los posibles efectos de los metabolitos de la progesterona puesto que se ha demostrado que este esteroide tiene propiedades depresivas y disminuye la excitabilidad neuronal.

ABSTRACT

Background. Performance of some verbals, spatial, fine motor coordination and reaction time tasks has shown changes during the menstrual cycle. However, there are few systematic investigations that have evaluated specific frontal lobe functions during different cycle phases, despite that some of the symptoms as affective lability, enhanced distractability, lack of concentration and impair of short-term memory reported in the premenstrual phase are related with frontal lobe functions. The cognitive changes reported by women are subtle and are difficult to characterize with standar tests; however, these, this changes may be detected with specific frontal lobe tests. Furthermore anxiety and depression have shown increase in the premenstrual phase related with performance impairment.

The electroencephalography activity (EEG) recorded at rest has also shown oscillations during the menstrual cycle, however, this method has not been used simultaneously to performance tasks relate to frontal lobe functions during the menstrual cycle in women. It may be that the executive functions of the frontal lobe change during different cycle phases and these changes can be related to power and correlation parameters of the EEG activity. Furthermore, deficits has been demostrated in the performance of some verbal, spatial, motor coordination, reaction time and ability tasks as well as anxiety and depression during the menstrual cycle, but they have not been studied in the same group of women.

Objectives. The main objective of the present study was to assess the vigilance process, reaction time, and to confirm the variations in performance of verbal fluency, motor coordination and visospacial abilities, anxiety and depression levels during the menstrual cycle and to investigate EEG activity at rest and during the performance of a decision-making task with the purpose to assess this executive function of frontal lobe during the menstrual cycle.

Method. Nine young women aged between 18 and 34 years (mean age = 26.11; DS = 3.45) with regular menstrual cycle (28 days \pm 2 days) were evaluated in this study. Menstrual cycle phases were determined by daily measures of basal body temperature. The menstrual cycle was separated in ovulatory phase (days 13-14), early luteal phase (days 20-21), late luteal phase (days 24-25) and menstruation phase (days 1-2, first days of bleeding). EEG activity was recorded at F3, F4, C3 y C4 with open eyes at rest and during the performance a decision-making task (Wisconsin Cars Sorting Test) during each one of the menstrual cycle phases. Performance of verbal fluency, motor coordination, visuo-spatial abilities, anxiety and depression levels were also assessed. Ten artifact-free epochs of 2.048 seg each one were captured on PC computer, at a sampling rate of 125 Hz during the base line and during performance of decision-making task. Absolute power (AP), relative power (RP), interhemispheric and intrahemispheric correlation of EEG activity were obtained from delta, theta, alpha 1, alpha 2, beta 1 and beta 2 bands. Data were submitted to ANOVAS and principal component analysis.

Results. Performance on *decisions-making task* was better in the early luteal phase, together with significant increase in absolute power of the theta, alpha 2, beta 1 and beta 2 bands, relative power of alpha 1 and beta 1 bands, and interhemispheric correlation of the theta and alpha 2 bands. The performance on this task was worse in the late luteal phase, meanwhile the absolute power of the theta, alpha 2, beta 1 y beta 2 bands, the relative power of the alpha 1 and beta 1 bands, and the interhemispheric correlation of the theta and alpha 2 bands showed a significant decrease.

EEG activity recorded at rest showed the following features: In the *ovulatory phase*, the absolute power of the beta 1 band was low with respect to the mean value in the other three phases of the cycle and relative of the delta band and interhemispheric correlation of the alpha 2 band were high. In this phase of the cycle, the performance on motor coordination and localization "x" tasks was efficient and the performance on the vigilance and verbal fluency tasks was deficient. In the *early luteal phase*, the AP of the beta 1 band and RP of the theta and beta 1 bands were high, and AP of the alpha 1 and alpha 2 bands, RP of the delta band and interhemispheric correlation of the alpha 2 were low. In this phase of the cycle, the performance on the vigilance task was efficient and the cognitive depression level was high. In the *late luteal phase*, AP and interhemispheric correlation of delta, alpha 1 and alpha 2 showed a significant increase, and RP of the theta and beta 1 showed a significant decrease. In this phase of the cycle, the performance on motor coordination and localization "x" tasks was deficient and in the verbal fluency was efficient. In the *menstruation phase*, the AP, RP and interhemispheric correlation of the theta, alpha 1 and alpha 2 bands showed a significant increase and the RP of the delta band showed a decrease. In this phase, cognitive depression level was low, and the performance on the vigilance, coordination motor, and localization "x" showed a light improvement

Conclusions: The present findings indicate that in the ovulatory phase and in the early luteal phase the performance on the decision-making, motor ability, spatial localization and vigilance tasks is better and it is associated with higher activation of the frontal regions. This suggests possible facilitation effects of estrogen and progesterone levels. The impairment on the decision-making task during the late luteal phase, indicate unsuccessful search for solutions, suggesting either a failure to suppress random decisions and/or a deficit in working memory associated to lower activation of frontal regions during this phase of the menstrual cycle. Furthermore, the impairment on the spatial localization, reaction time and motor ability tasks during the late luteal phase associated with a decrease in beta activity and with an increase of slow activity recorded at rest, suggests effects of progesterone metabolites, because it has been demonstrated that this steroid produce decreases in the neuronal excitability and it has depressive effects.

INDICE

INTRODUCCION.....	1
Ciclo Menstrual	5
Ejecución de tareas cognoscitivas durante el ciclo menstrual.....	14
Conclusiones generales.....	25
Toma de decisiones durante el ciclo menstrual	27
Estados de ánimo durante el ciclo menstrual.....	32
Efectos de la ansiedad y depresión sobre la ejecución cognoscitiva durante el ciclo menstrual.....	36
Actividad Eléctrica Cortical (EEG).....	39
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	43
HIPOTESIS	45
OBJETIVOS.....	45
METODO	47
Procedimiento.....	48
Tareas cognoscitivas.....	51
Registro de la actividad eléctrica cortical (EEG)	58
Análisis estadístico	60
RESULTADOS	63
Resumen general de los resultados.....	65
Sección 1.....	67
Ejecución de tareas cognoscitivas	67
Estados de ánimo	73
Sección 2.....	76
Actividad EEG durante la línea base.....	76
Actividad EEG durante la ejecución de la tarea "Toma de Decisiones"	84
Sección 3.....	91
Actividad EEG durante la ejecución de la tarea Toma de Decisiones comparada con la línea base.....	91
Sección 4.....	101

Apreciación general entre la ejecución de la las tareas cognoscitivas y la la actividad EEG	101
DISCUSION.....	106
CONCLUSIONES.....	125
BIBLIOGRAFIA.....	128
GLOSARIO	147

INTRODUCCION

El ciclo menstrual es fenómeno fisiológico complejo regulado por mecanismos neuroendocrinos que pueden afectar la ejecución cognoscitiva y el estado de ánimo. Las mujeres entre los 12 y 50 años regularmente tienen cambios endocrinos y fisiológicos que están asociados con los procesos cíclicos de ovulación y menstruación. La mayoría de ellas, manifiestan una serie de síntomas físicos y emocionales tales como depresión, ansiedad, irritabilidad y hostilidad durante la etapa premenstrual y menstrual del ciclo. Además, una serie de evidencias basada en la investigación indican que la capacidad cognoscitiva también se modifica y tiende a empeorarse en la etapa premenstrual.

La literatura al respecto es amplia, heterogénea, compleja y a menudo con problemas metodológicos. No todas las numerosas investigaciones que han buscado relaciones entre medidas objetivas de ejecución cognoscitiva y variables del ciclo menstrual han encontrado efectos claros ni sistemáticos de un deterioro en la ejecución cognoscitiva durante la etapa premenstrual que pudiera atribuirse a fluctuaciones hormonales. Se ha planteado que la inconsistencia de estos resultados se debe a problemas metodológicos, entre los que destaca la selección relativamente arbitraria de las tareas utilizadas para detectar cambios en la ejecución cognoscitiva sin considerar los componentes básicos de procesamiento de información humana.

Las áreas cognoscitivas que han sido evaluadas con mayor frecuencia son las áreas de ejecución académica escolar, abstracción y comprensión, independencia de campo, memoria a corto y a largo plazo, cálculo aritmético simple, habilidad verbal y espacial, velocidad simple, tiempo de reacción en decisiones simples y coordinación motora fina. La mayoría de estos estudios utilizaron medidas estándares de ejecución cognoscitiva que mostraron falta de sensibilidad para detectar cambios sistemáticos en la ejecución, excepto en aquellos casos donde se evaluaron tareas que muestran diferencias sexuales en la ejecución y que se correlacionaron con niveles hormonales o con medidas indirectas de éstos.

Sin embargo, son pocas las investigaciones sistemáticas frecuentes donde se evalúan funciones específicas del lóbulo frontal durante las diferentes fases del ciclo menstrual, a pesar de que algunos de los síntomas que se reportan con mayor frecuencia en la etapa premenstrual como labilidad afectiva, incremento en la distracción, falta de concentración y aturdimiento están muy relacionados con las funciones del lóbulo frontal. Los cambios cíclicos en la función cognoscitiva que manifiestan muchas mujeres son aparentemente sutiles, difíciles de detectar y de caracterizar con pruebas estándares; estos cambios que no son patológicos, se manifiestan como dificultad para realizar actividades que se pueden reflejar en pruebas de funciones del lóbulo frontal. Los escasos estudios que han utilizado este tipo de pruebas han mostrado que las deficiencias en la ejecución observadas durante la fase lútea tardía indican un uso inadecuado de las estrategias de codificación que facilitan el aprendizaje, deficiencias en la flexibilidad mental y falta de control de la impulsividad. Estos hallazgos no han sido relacionados con estudios de actividad electroencefalográfica durante el ciclo menstrual.

Parece evidente que los procesos cognoscitivos que involucran funciones del lóbulo frontal son susceptibles a los cambios hormonales que ocurren durante el ciclo menstrual y se reflejan en un deterioro en la ejecución, por lo cual es necesario hacer estudios que involucren estas funciones con registro simultáneo de la actividad electroencefalográfica.

La ejecución de tareas de habilidad espacial, verbal, coordinación motora, tiempo de reacción y algunas pruebas de funciones del lóbulo frontal, como se mencionó anteriormente, han mostrado cambios dependientes de las fases del ciclo, indicando que estas áreas cognoscitivas son también sensibles a los cambios hormonales que ocurren durante el ciclo menstrual. Sin embargo, no se han hechos estudios donde se relacionen la ejecución de pruebas que evalúen funciones del lóbulo frontal con el registro simultáneo de la actividad EEG y que se relacionen con el estado de ánimo durante el ciclo menstrual.

Una de las técnicas fisiológicas que se ha utilizado para estudiar la organización funcional del SNC es la electroencefalografía (EEG), que consiste en registrar la actividad

eléctrica espontánea del cerebro. Esta técnica ha sido aplicada para estudiar los cambios en el sistema nervioso central durante el ciclo menstrual. Se ha encontrado que la potencia y la correlación de la actividad EEG oscilan significativamente con las diferentes fases del ciclo menstrual, mostrando que estos parámetros son sensibles para discriminar cambios en la organización funcional relacionados con niveles hormonales. Sin embargo, el registro de la actividad EEG no se ha aplicado para estudiar la ejecución de tareas cognoscitivas que se relacionen con funciones del lóbulo frontal durante el ciclo menstrual de la mujer. Es posible que la ejecución de tareas cognoscitivas que implican funciones del lóbulo frontal cambie durante las diferentes etapas del ciclo y se refleje en la potencia y en la correlación interhemisférica (entre zonas corticales de los dos hemisferios) e intrahemisférica (entre zonas corticales de un mismo hemisferio). Por lo tanto, en el presente estudio se plantearon varios objetivos, uno de ellos fue evaluar la función ejecutiva del lóbulo frontal por medio de la aplicación de la prueba "Wisconsin Card Sorting Test" (Grand y Berg, 1948; Heaton, 1981) que se aplicó simultáneamente con el registro de la actividad EEG en la región fronto-central, durante las diferentes fases del ciclo menstrual a un grupo de mujeres. Esta es una de las pocas pruebas que muestra sensibilidad específica para detectar alteraciones funcionales que involucran al lóbulo frontal e involucra además "toma de decisiones", proceso que según reportes anecdóticos, empeora en la etapa premenstrual, y no ha sido utilizada previamente en estudios del ciclo menstrual y ejecución cognoscitiva.

Asimismo, con el objeto de confirmar la variación en la ejecución de ciertas habilidades que favorecen a las mujeres, cuya ejecución eficiente se ha asociado con niveles altos de hormonas gonadales, se aplicó una tarea de habilidad verbal compleja (fluidez verbal) y una de coordinación motora fina (colocar pequeñas piezas de madera en un tablero) durante las diferentes fases del ciclo menstrual.

Algunas evidencias muestran que el incremento en el número de accidentes durante la etapa premenstrual son debido a una disminución en la atención y a un tiempo de reacción lento como consecuencia del decremento en los niveles hormonales, aunque estos

resultados no son consistentes. Por lo tanto, se aplicó una tarea de atención continua por computadora con la finalidad de evaluar si el proceso de atención sostenida para discriminar estímulos continuos y el tiempo de reacción muestra variaciones a lo largo del ciclo menstrual.

Finalmente, debido a que la ansiedad y la depresión se han asociado con ejecución deficiente, se evaluaron los índices de ansiedad y depresión con la finalidad de confirmar si estos estados de ánimo que se deterioran en la etapa premenstrual se relacionan con la ejecución de tareas cognoscitivas y con la actividad EEG durante el ciclo menstrual. En el capítulo introductorio de la tesis se mencionan los efectos de las hormonas gonadales sobre el SNC y sobre la ejecución de tareas cognoscitivas así como los efectos sobre el estado emocional y las teorías que se han propuesto para explicar los cambios en el estado de ánimo. También se hace una breve descripción de los aspectos básicos de la actividad EEG, así como una revisión de los trabajos que se han realizado para estudiar los cambios en la ejecución de tareas cognoscitivas y los trabajos asociados con la actividad EEG y ejecución cognoscitiva durante el ciclo menstrual.

CICLO MENSTRUAL

a) Hormonas Sexuales

Las hormonas sexuales femeninas, estrógenos y progesterona, se producen principalmente en los ovarios y bajo su influencia el aparato reproductor femenino sufre cambios cíclicos regulares cuyo rasgo más evidente es el sangrado menstrual que ocurre como consecuencia del cambio en la mucosa uterina. La duración de estos ciclos es variable en las mujeres, pero en promedio ocurre cada 28 días desde el inicio de un período menstrual al comienzo del siguiente, a lo largo de los cuales pueden observarse modificaciones cíclicas en los ovarios, útero y vagina.

El ovario contiene numerosos folículos primordiales, cada uno contiene un ovocito inmaduro y durante los primeros días del ciclo menstrual se inicia el crecimiento de un grupo de folículos: las células de la teca interna de estos folículos producen los estrógenos. Aproximadamente en el día 14 del ciclo, cuando uno de los folículos está lo suficientemente maduro (folículo de Graaf), éste se rompe y el óvulo es expulsado hacia la cavidad abdominal, proceso llamado ovulación. El óvulo es recogido por los extremos de las trompas de Falopio y transportado al útero. El folículo roto se llena de sangre y las células de la granulosa y de la teca del revestimiento folicular empiezan a proliferar y a modificar su estructura y función transformándose en células lúteas llenas de lípidos, de color amarillento, que forman en su conjunto el cuerpo lúteo. Las células lúteas son el secretan progesterona en la etapa lútea del ciclo (Midgley y cols., 1973; Norman y Litwack, 1997). Si no ocurre la fecundación, el cuerpo lúteo empieza a degenerarse cesa la secreción de progesterona aproximadamente cuatro días antes de la siguiente menstruación y es remplazado por tejido cicatricial (Norman y Litwack, 1997)

Las fluctuaciones cíclicas de las hormonas ováricas en un ciclo de 28 días se presentan en la figura 1A. Después de la menstruación, los niveles plasmáticos de estradiol se elevan alcanzando un pico el día 14, caen y vuelven a subir de nuevo hacia el día 20 para disminuir durante el período premenstrual. En cambio, los niveles de progesterona son bajos durante la primera mitad del ciclo, se incrementan después de la ovulación y alcanzan el valor máximo alrededor del día 20 para descender bruscamente antes de la menstruación (Midgley y cols., 1973).

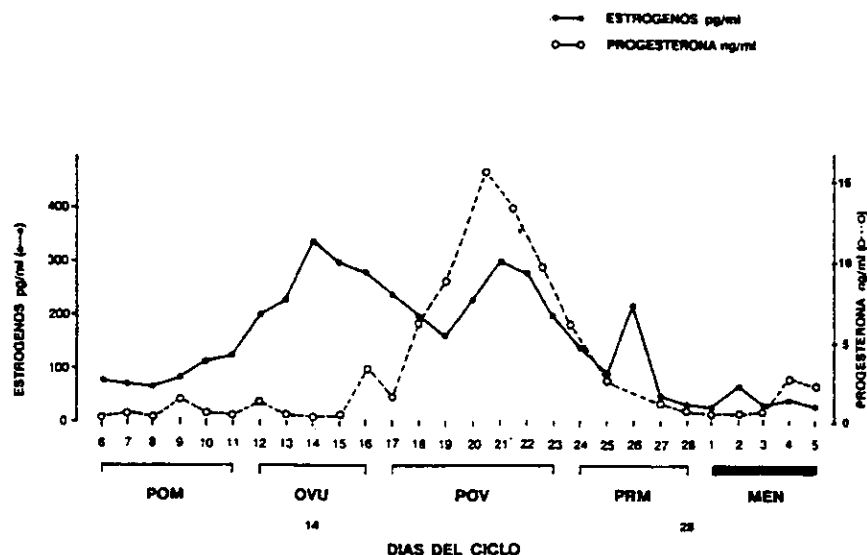


Fig. 1A. Niveles plasmáticos de estrógenos y de progesterona durante el ciclo menstrual (Modificada de Ferin y cols., 1973).

El endometrio también sufre cambios cíclicos relacionados con el efecto de las hormonas gonadales. Al final de la menstruación todas las capas del endometrio, excepto las profundas, se han desprendido. Bajo la influencia de los estrógenos el folículo en desarrollo aumenta rápidamente en grosor en el período comprendido entre el quinto y decimocuarto día del ciclo menstrual. Las glándulas uterinas crecen en longitud pero no producen secreción. Estos cambios del endometrio se llaman proliferativos y a esta parte del ciclo menstrual a veces se le denomina fase proliferativa. Después de la ovulación las glándulas del endometrio secretan activamente estrógenos y progesterona, se enrollan y se doblan bajo la influencia de los estrógenos y de la progesterona provenientes del cuerpo lúteo. Estos son los cambios secretorios o progestacionales y este período recibe el nombre de fase secretora o fase lútea del ciclo menstrual. Cuando el cuerpo lúteo sufre regresión, es retirado el apoyo hormonal del endometrio, las arterias espirales se dilatan y sus paredes necróticas se rompen produciendo una hemorragia, desprendimiento y el flujo menstrual, cuya duración promedio es de cinco días. El sangrado termina cuando las arterias espirales

presentan de nuevo constricción y se inicia la regeneración de un nuevo endometrio a partir de las capas basales.

También bajo la influencia de los estrógenos, el epitelio vaginal se cornifica y pueden identificarse células epiteliales cornificadas en los frotis vaginales. En cambio, con la influencia de la progesterona se secreta moco viscoso y el epitelio prolifera quedando infiltrado por leucocitos (Ganong, 1976).

b) Control Neuroendócrino del Ciclo Menstrual

La liberación ovárica de estrógenos y de progesterona depende directamente de la acción de las hormonas gonadotrópicas, la hormona folículo estimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH) que son secretadas por la adenohipófisis. La liberación de éstas depende a la vez de la hormona liberadora de hormonas gonadotrópicas (GnRH) producida por el hipotálamo. A través de mecanismos precisos de retroalimentación positiva y negativa, los niveles de estrógenos y de progesterona influyen a su vez sobre la liberación de hormonas hipotalámicas e hipofisiarias. Por lo tanto, en la regulación del ciclo menstrual participan tanto el sistema nervioso, como el endocrino con tres tipos de hormonas: (1) las hormonas efectoras que actúan directamente en el órgano blanco, (2) las hormonas tróficas que controlan la síntesis y la liberación de las hormonas efectoras, (3) las hormonas liberadoras, que son elaboradas por células nerviosas del hipotálamo y que controlan la síntesis y liberación de las hormonas tróficas de la adenohipófisis.

La hipófisis o glándula pituitaria, está formada por tres lóbulos que en realidad son tres órganos endocrinos más o menos separados y que secretan por lo menos 10 hormonas. Entre las hormonas secretadas por el lóbulo anterior están la FSH y la LH conocidas también como gonadotropinas por su acción sobre las gónadas. La FSH actúa sinérgicamente con la LH para estimular el crecimiento y la maduración de los folículos, promover la secreción de estrógenos y aumentar el peso ovárico. Los sitios de acción de estas dos hormonas son diversos, pero la FSH actúa principalmente en las células granulosas, y la LH en las células de la teca estimulando ambas las síntesis de estrógenos y subsecuentemente la LH promueve la formación y función del cuerpo lúteo (Brück, 1983).

El hipotálamo, situado en la porción anterior del diencefalo tiene conexiones vasculares con el lóbulo anterior de la hipófisis y conexiones nerviosas con el lóbulo

posterior de la misma. Vía los vasos porta-hipofisarios, el hipotálamo envía a la hipófisis la hormona liberadora de la hormona folículo estimulante que actualmente se cree que también es responsable de modular la liberación de la hormona luteinizante (Brück, 1983), recibiendo el nombre de hormona liberadora de gonadotrofinas (GnRH).

c) Fases de ciclo menstrual.- Las fases del ciclo menstrual se han definido de diversas maneras de acuerdo a la función ovárica y uterina, unas veces coinciden en los días y en el nombre que abarcan, fase o etapa, y otras veces no (Sommer, 1992). Generalmente se ha considerado como *fase folicular* a la fase de actividad ovárica que corresponde a la fase proliferativa que abarca del día 5 al 10 del ciclo; la *fase ovulatoria* es la que comprende los días 10 al 14 del ciclo, alrededor de la ovulación; la *fase lútea temprana* es la que comprende los días 15-21 y que abarca el pico de liberación de progesterona; la *fase lútea tardía* comprende los días 22-28 que comúnmente se ha llamado etapa premenstrual, y la *fase menstrual* que comprende los días 1-4 en que ocurre y finaliza el sangrado.

En el presente estudio, se compararán indicadores conductuales y EEG entre las diferentes fases del ciclo menstrual denominados con los siguientes términos: a) *fase o etapa ovulatoria* días 13-14, para referirse a los días en que se espera que ocurra la ovulación; b) *fase lútea temprana*, días 20-21 que coincidan con el pico de progesterona; c) *fase lútea tardía*, los días 24-25 que coincidan con el comienzo en la disminución de los niveles de estrógenos y de progesterona; d) *fase o etapa menstrual*, días 1-2 que abarquen el comienzo del sangrado.

Los estrógenos y la progesterona tienen efectos sobre el aparato reproductor femenino y la reproducción, pero además influyen sobre el sistema nervioso central (SNC) regulando la ejecución de la conducta sexual y otro tipo de conductas entre las que se incluyen la emocional y los procesos cognoscitivos durante el ciclo menstrual. A continuación se mencionan brevemente las regiones cerebrales que son receptoras a las hormonas esteroides, estrógenos y progesterona, sus sitios de acción y sus efectos sobre la ejecución de tareas cognoscitivas y sobre el estado de ánimo a lo largo del ciclo menstrual.

d) Efectos de los Estrógenos Sobre el Sistema Nervioso Central

Los estrógenos naturales son esteroides secretados por las células de la teca interna de los folículos ováricos, cuerpo lúteo, placenta y en pequeñas cantidades por la corteza

adrenal y los testículos. El 17 beta estradiol es el principal estrógeno secretado y está en equilibrio con la estrona en la circulación, la cual posteriormente es metabolizada a estriol. Las hormonas esteroides que circulan en la sangre influyen directamente sobre procesos neurales y se ha observado que las hormonas marcadas con elementos radiactivos se concentran en las siguientes regiones del cerebro: a) En el diencefalo, el estradiol se concentra, en el hipotálamo anterior medial, núcleo ventromedial del hipotálamo, núcleo arcuato y núcleo ventral premamilar, b) En el telencefalo, el estradiol se concentra en el área preóptica medial y en estructuras que pertenecen al sistema límbico: núcleo medial y anterior de la amígdala, septum lateral, tubérculo olfatorio, núcleos de la estría terminalis, parte ventral del hipocampo, entre las células de la región de la banda diagonal de Broca, en la corteza entorrinal y en la corteza prepiriforme, c) En el mesencefalo, se concentra en la porción lateral y ventromedial de la sustancia gris central y cerca del acueducto, d) En la formación reticular también se ha localizado estradiol marcado (Pfaff y Keiner, 1973; Eisenfeld y Axerod, 1965; Stumpf, 1968; Michael, 1965; Zigmond y McEwen, 1970; Seiki y cols., 1969).

En estudios realizados en la década de los años 60 y 70 se observó que el hipotálamo anterior y la región preóptica eran los principales sitios de acción de los estrógenos para los efectos conductuales (Michael, 1965; Donner y cols., 1968) y que su efecto era principalmente excitatorio. Así se mostró que su administración en la rata facilitaba la conducta de lordosis (Donner, y cols., 1968), producía cambios electroencefalográficos en la región preóptica, en la amígdala y en el cuerpo mamilar (Chhina y cols., 1974), y efectos diferenciales sobre las respuestas neuronales del hipotálamo y del septum (Lincon, 1967). También se mostró que afectaban el umbral de descarga epiléptica (Woolley y Timiras, 1962) y tenían un efecto antidepresivo al inhibir la actividad de la MAO (Klaiber y cols., 1979).

Posteriormente se acumularon evidencias de que los estrógenos modifican transitoriamente la actividad cerebral regional a través de una variedad de efectos neuroquímicos y de modificar la excitabilidad neuronal (McEwen y cols., 1984). Los estrógenos aumentan la biodisponibilidad de la norepinefrina en el SNC y modifican el número y afinidad de los receptores noradrenérgicos, serotoninérgicos y dopaminérgicos

(Oppenheim, 1984). Aumentan la densidad de los receptores 5-hidroxitriptamina_{2A} (5-HT_{2A}) en el cíngulo anterior, lóbulo frontal, corteza piriforme, tubérculo olfatorio, núcleo acumbens y en la parte dorso lateral del núcleo del rafé, áreas del cerebro involucradas en el control del estado de ánimo, procesos cognoscitivos, emoción y conducta (Fink y cols., 1996). También regulan el número y afinidad de los receptores al ácido γ -aminobutírico (GABA) en regiones del hipocampo, núcleo caudado, bulbo olfatorio y corteza (Maggi y Perez, 1984). Estos efectos sobre los receptores a GABA están mediados por las acciones genómicas del esteroide a GABA (Maggi y Perez, 1986). Los estrógenos o la testosterona por conversión a estrógenos facilitan la memoria social y olfativa que involucra un incremento en la expresión del neuropéptido vasopresina arginina en el núcleo basal de la estria terminalis y que se proyecta a la habenula lateral y al septum (Fink, 1996). Además, se ha observado que el tratamiento crónico con estrógenos reduce la densidad de los receptores GABA en el estriado, el hipocampo y la corteza cerebral disminuyendo la transmisión gabaérgica (Hamon y cols., 1983). Por otra parte dosis elevadas y/o crónica de estradiol aumentan la densidad de los receptores D₂ dopaminérgicos en el estriado como consecuencia del efecto estimulador del esteroide sobre la liberación de la prolactina (Hruska y cols., 1980) y de los receptores 5-HT_{2A} en la corteza frontal y del cíngulo (Sumner y Fink, 1995).

e) Efectos de la progesterona sobre el Sistema Nervioso Central

La progesterona que es secretada por el cuerpo lúteo, la corteza adrenal y la placenta, se cree que se concentra en las neuronas que se encuentran en el hipotálamo (Stumpf, 1975), en algunas estructuras del cerebro medio (Lincoln, 1974) y en la glándula pituitaria aunque en concentraciones no significativas (Seiki y cols., 1969).

Diversos estudios han mostrado que la progesterona tiene efectos tanto facilitatorios, como inhibitorios y ejercen acciones anticonvulsivas sobre el SNC. Desde hace tiempo se conoce que la progesterona facilita la conducta sexual en la rata y en la coneja cuando es implantada en el hipotálamo, la formación reticular y en el área preóptica (Powers, 1972; Morin y Feder, 1974), inhibe la conducta de lordosis de la coneja cuando es implantada cerca de la sustancia nigra (Morin y Feder, 1974) y suprime la conducta sexual en el mono rhesus (Michael y cols., 1967). La administración de progesterona a dosis altas

produce efectos sedantes, anestésicos e hipnóticos (Selye, 1942), patrones de sueño tanto conductuales como electroencefalográficos (Heuser y cols., 1967; Komisaruk y cols., 1967), decrementa la actividad multiunitaria en el núcleo ventromedial del hipotálamo y dorso medial del tálamo y produce sincronización de la actividad EEG en el hipotálamo (Beyer y cols., 1974; Lincoln, 1974). El esteroide tiene un efecto tranquilizante durante la conducta de beber leche en gatas acompañado de sincronización del EEG (Cervantes y cols., 1979) y un efecto anticonvulsivante ya que aumenta el umbral de descarga epiléptica (Landgren y cols., 1978).

f) Metabolitos de la Progesterona.- Diversos estudios realizados en los últimos años, han mostrado que los metabolitos de la progesterona tienen varios efectos fisiológicos y conductuales. Los metabolitos reducidos en el anillo A de la progesterona como la alopregnanolona (3α -hidroxi- 5α -pregnan-20-ona) y la pregnanolona (3α -hidroxi- 5β -pregnan-20-ona), son potentes moduladores, parecidos a los barbitúricos, de los receptores centrales tipo A del ácido γ -aminobutírico (GABA_A). Estos metabolitos aumentan de manera reversible y dosis-dependiente, la corriente de iones de cloro inducidas por GABA (Paul y Purdy, 1992). A dosis farmacológicas, estos metabolitos son potentes anestésicos (Gyermek y Soyka, 1975) y a dosis bajas tienen efectos ansiolíticos en ratas y ratones (Wieland y col., 1991; Bitran y col., 1991). La progesterona cuando es administrada a ratas ovariectomizadas disminuye la conducta agresiva (Canonaco y cols., 1990) debido probablemente al metabolismo de la progesterona a alopregnanolona.

En la mujer, los niveles elevados de alopregnanolona se correlacionan con los de progesterona circulante en sangre durante la fase lútea del ciclo menstrual (Purdy y cols., 1990), y se ha sugerido que este metabolito y la pregnanolona contribuyen o median los efectos conductuales de la progesterona (Freeman y cols., 1993). Los niveles elevados de alopregnanolona y pregnanolona se han correlacionado con una disminución en la memoria verbal reciente en una prueba de recuerdo inmediato, así como con fatiga, confusión, disminución de la ansiedad y con deficiencia en la ejecución motora en una prueba de copiar símbolos (Freeman y cols., 1993). Además, existen esteroides con efectos opuestos sobre los receptores GABA_A que actúan como agonistas inversos, los cuales se conocen como ansiogénicos (Paul y Purdy, 1992). Diversos estudios muestran que la forma sulfatada

del precursor metabólico de la progesterona, el sulfato de pregnenolona interactúa con el receptor GABA_A como un agonista inverso y potencia las respuestas del calcio intracelular mediadas por los receptores N-metil-D-Aspartato (NMDA) en el SNC (Paul y Purdy, 1992). Se ha sugerido que estos esteroides ansiogénicos neuroactivos inducen respuestas anormales en el SNC y causan los síntomas premenstruales en la fase lútea. En un estudio realizado por Wang y cols. (1996) observaron que durante la fase lútea, la frecuencia mayor de síntomas mostró un retraso de 3 a 4 días después del nivel más alto de progesterona, pregnenolona, 5 α -DHP y 5 α -THP, pero el nivel máximo de sulfato de pregnenolona apareció el mismo día o un día antes de la frecuencia alta de síntomas premenstruales. También observaron que altas concentraciones de estradiol, pregnenolona y de sulfato de pregnenolona en la fase lútea se asociaron con síntomas negativos, mientras que concentraciones altas de 5 α -DHP y 5 α -THP estuvieron asociados con una mejoría en los síntomas premenstruales.

g) Síndrome Premenstrual y su relación con las hormonas gonadales.

En esta sección se describirá brevemente el síndrome premenstrual, con la finalidad de mostrar cómo los esteroides sexuales pueden causar una serie de alteraciones físicas, emocionales y afectar algunos procesos cognoscitivos, aunque no es el propósito del presente estudio.

El "síndrome premenstrual" consiste en una serie de manifestaciones físicas y emocionales que ocurren en la fase lútea tardía del ciclo menstrual. Las manifestaciones más comunes son cefalea, turgencia mamaria, distensión abdominal, edema en las extremidades, fatiga, depresión, irritabilidad o tensión, incremento en el apetito y ansia de ingerir comida salada o dulce, erupción de acné y estreñimiento. Estos síntomas tienden a desaparecer con el inicio de la menstruación y si por alguna razón esta se retrasa, aumenta la severidad de los síntomas (Reid y Yen, 1981). Este síndrome parece ser causado por los esteroides producidos por el cuerpo lúteo y que afectan al SNC, puesto que las variaciones en estos síntomas no se manifiestan en ciclos anovulatorios (Hämmarbäck y cols., 1991).

Frank (1931) propuso que los síntomas premenstruales eran causados por las hormonas sexuales, particularmente por los estrógenos. Diversos estudios subsecuentes han mostrado que la mayor incidencia de manifestaciones premenstruales severas se asocia con

concentraciones altas en sangre de 17β -estradiol (Hämmarback y cols., 1989), de pregnenolona y de sulfato de pregnenolona (Wang y cols., 1996). Algunos estudios han observado que los metabolitos de la progesterona varían durante el ciclo menstrual y que se asocian con deficiencias en la memoria verbal, fatiga, confusión y con una lentificación en la actividad motora (Freeman y cols., 1993).

Además, se ha propuesto que altos niveles de progesterona en la fase lútea temprana que están asociados con niveles elevados de 3α -OH-DHP (un inhibidor de esteroides) puede conducir al desarrollo de una autodependencia de estos ansiolíticos naturales y la caída súbita de los niveles de los esteroides puede producir un síndrome de abstinencia, así como ansiedad y depresión (Majewska, 1987).

EJECUCION DE TAREAS COGNOSCITIVAS DURANTE EL CICLO MENSTRUAL

Los mecanismos neuroendocrinos que son responsables de los procesos de ovulación y menstruación pueden ejercer una influencia directa sobre los procesos neurales que modulan el funcionamiento intelectual (Asso, 1987). Muchas mujeres experimentan cambios en la eficiencia intelectual antes y durante la menstruación y se ha asumido que esta dificultad en la ejecución cognoscitiva objetiva es un rasgo característico de la etapa premenstrual.

En el área cognoscitiva, la mayoría de la investigación se ha enfocado a estudiar la influencia de las fluctuaciones hormonales sobre la ejecución cognoscitiva durante el ciclo menstrual. El concepto de cognición utilizado en la mayoría de estos estudios se refiere al proceso mental de razonamiento, solución de problemas, memoria, categorización, percepción, inferencia, entendimiento del lenguaje natural, planeación y toma de decisiones. Estos dos últimos procesos no han sido evaluados con frecuencia en los estudios de ejecución cognoscitiva durante el ciclo menstrual, como podrá apreciarse más adelante.

Los estudios relevantes que se han publicado desde 1950 se basan en la suposición de que ocurre un deterioro en la ejecución de tareas cognoscitivas durante la etapa premenstrual. Estos estudios se han dividido en cognición simple y compleja (Sommer, 1992) y se describen brevemente a continuación:

Cognición compleja

La cognición compleja ha sido evaluada en estudios de ejecución intelectual en tareas cotidianas: trabajo en fábricas (Smith, 1950), ejecución académica (Walsh y col., 1981), exámenes académicos quincenales de psicología (Sommer, 1972 y Bernstein, 1977), pensamiento crítico (Sommer, 1972), escritura de temas basados en lecturas de texto (Richardson (1988), cuestionarios (Richardson, 1989) y exámenes académicos de psicología por grados (Asso, 1985). En ninguno de estos estudios se midieron los niveles hormonales y tampoco se encontraron efectos de las fase del ciclo menstrual. En sólo dos estudios realizados por Dalton (1960, 1968) encontró que la ejecución de estudiantes tanto

premenstrual. Sin embargo, estos dos estudios no incluyeron análisis estadístico lo que representa una limitación metodológica para concluir un efecto significativo sobre la ejecución académica. En base a la evidencia disponible, se concluye que no hay una variación sistemática en la ejecución académica cuando es medida por medio de exámenes o pruebas escolares (Richardson, 1988).

Cognición Simple

La cognición simple y habilidad perceptual motora ha sido evaluadas a través del ciclo menstrual en numerosos estudios que utilizaron diversas medidas de ejecución, las cuales fueron agrupadas en varias categorías:

a) Medidas Abstractas

Las tareas en esta categoría que han utilizado alguna medida de abstracción como comprensión de instrucciones complicadas y matrices progresivas (Wickham, 1958), laberintos (Graham, 1980), formación de conceptos (Munchel, 1979), clasificación de figuras (Golub, 1976), no han encontrado efectos de las fases del ciclo. Sólo un estudio que utilizó una tarea de uso de objetos encontró que la ejecución fue más alta en etapa folicular que en la fase lútea (Cormack y Sheldrake, 1974). En base a estos resultados se puede concluir que el pensamiento abstracto no muestra variaciones sistemáticas en la etapa premenstrual.

b) Habilidad Espacial

La habilidad espacial, es una de las habilidades que puede variar sistemáticamente durante el ciclo menstrual. La mayoría de la investigación realizada en los años 70 estuvo basada en la teoría controvertida y especulativa propuesta por Broverman y cols. (1968). Estos autores sugirieron que las diferencias sexuales en esta función cognoscitiva eran debidas a los estrógenos y andrógenos que influían en la actividad nerviosa de áreas subcorticales que controlan el sistema simpático y parasimpático del sistema nervioso autónomo. Dependiendo del balance de la actividad de estas áreas se pensaba que los individuos eran más o menos aptos para tareas simples de percepción motora o para tareas complejas de restructuración perceptual. Posteriormente fueron definidas como tareas que requieren de una respuesta a estímulos característicos que aparentemente no son inmediatos y que requieren de un esfuerzo mental para extraer la información relevante. Esta teoría fue

bastante criticada por falta de apoyo empírico. Sin embargo, algunas de las investigaciones generadas son aún de interés porque, en muchos casos, las tareas cognoscitivas que fueron escogidas para el estudio de la habilidad espacial fueron tareas que muestran diferencias sexuales en la ejecución.

La habilidad espacial ha sido evaluada con tareas de desempotramiento perceptual tales como la prueba de barra y marco y figuras empotradas durante las diferentes fases del ciclo menstrual. En la tarea de barra y marco (Rod and Frame Test) los sujetos son sentados en un cuarto oscuro donde un marco iluminado rodea una barra iluminada visible. El marco y la barra pueden ser inclinados ya sea a la izquierda o a la derecha y la silla del sujeto también puede ser inclinada. La tarea del sujeto es poner la barra en un plano perpendicular al suelo. Esto ha sido caracterizado como una medida de independencia de campo porque la respuesta correcta requiere que los sujetos ignoren la influencia de las señales provenientes del marco y provenientes de la posición de su propio cuerpo. Las mujeres muestran mayor dependencia de campo que los hombres (Komnenich y cols., 1978). De acuerdo con la hipótesis de la variación de los niveles de estrógenos en el SNC, Klaiber y cols. (1974) observaron una gran influencia del marco, es decir, menos exactitud perceptual de verticalidad en la fase folicular comparada con la fase lútea. Sin embargo, Hampson y Kimura (1988) observaron una exactitud muy pobre durante la fase lútea comparada con la etapa menstrual. Otros estudios que utilizaron la misma tarea no encontraron diferencias significativas durante el ciclo menstrual (Graham, 1980 ; Lazarov (1982).

Otras tareas que también han sido utilizadas dentro de esta categoría y que requieren que los sujetos ignoren algunos aspectos de los estímulos mientras atienden a otros son las tareas que involucran la búsqueda de figuras o palabras escondidas. La ejecución de una tarea de figuras empotradas fue mejor en la fase lútea temprana comparada con la fase folicular, justo antes de la ovulación (Komnenich y cols., 1978 ; Broverman y cols., 1981). En otro estudio, Wickham (1958) observó que la ejecución de una prueba de ensamblaje de partes de acuerdo a un diagrama fue mejor durante la menstruación, cuando los niveles de estrógenos y progesterona son bajos. Resultados similares fueron observados por Hampson (1990) con varias tareas de habilidad espacial.

Otros estudios que utilizaron tareas de figuras o patrones escondidos (Golub, 1976; Lazarov, 1982) y palabras ocultas (Sommer, 1972) no encontraron diferencias significativas durante el ciclo menstrual, probablemente debido a errores de diseño ya que las diferentes fases del ciclo medidas eran hormonalmente iguales. Sin embargo, Hughes (1983) con una prueba de desempotramiento perceptual observó que las mujeres cometieron más errores durante la etapa ovulatoria (días 11-17) que durante la menstruación y concluyó que altos niveles de estrógenos cerca de la ovulación empeoran la habilidad para desempotrar figuras escondidas. Otros estudios que utilizaron anagramas en los cuales las letras están revueltas y la tarea consiste en rearmarlas correctamente para colocar la palabra original, tampoco encontraron diferencias en las fases del ciclo (Golub, 1976; Fradkin y Firestone, 1986).

Los estudios anteriores descritos por Komnenich y cols. (1978), Broverman y cols. (1981), Hughes (1983), Hampson (1990) de habilidad espacial en que se determinaron hormonalmente las fases del ciclo mostraron que la peor ejecución en tareas de desempotramiento estuvo asociada con niveles altos de estrógenos y la mejor ejecución ocurrió durante la menstruación. Además, con las medidas utilizadas no encontraron un deterioro en la ejecución durante la etapa premenstrual como se había planteado inicialmente, el deterioro en la ejecución fue observado justo antes de la ovulación. Los resultados contradictorios reportados en el resto de las tareas no permiten discernir un cuadro claro acerca de la habilidad espacial y los efectos de los niveles hormonales durante el ciclo menstrual. Por lo tanto, parece necesario evaluar la ejecución de esta habilidad con otra medida sensible con la que se pudiera determinar variaciones en la actividad cortical durante la ejecución a lo largo del ciclo menstrual.

c) Habilidad de Visualización Espacial

La investigación en esta área ha sido llevada a cabo para explorar las posibles relaciones entre las hormonas gonadales y la habilidad de visualización espacial que muestra diferencias sexuales en la ejecución. Esta habilidad ha sido evaluada por medio de tareas que involucran diseños de bloques (Broverman y cols., 1981), ensamblaje de objetos de la prueba de WAIS (Cooper y cols., 1983), localización, orientación en tercera dimensión y exactitud de procesamiento de información espacial (Gordon y cols., 1986) y unir puntos

con lo cual, la hipótesis de la influencia activadora de las hormonas gonadales femeninas como responsables de las diferencias sexuales en la habilidad de visualización espacial no queda sustentada.

d) Cálculo Aritmético Simple

Becker y cols. (1982) encontraron una mejor ejecución en sumas simples durante la fase folicular que durante la fase menstrual (determinando las fases por niveles hormonales), pero no observaron diferencias cuando los números por sumar fueron presentados simultáneamente. Graham (1980) encontró un mejoramiento en la adición pero no en la sustracción en la fase lútea tardía (etapa premenstrual) comparada con la mitad del ciclo. Wuttke y cols. (1976) determinaron hormonalmente las fases del ciclo y observaron que el cálculo de la sustracción y la adición fue más rápida en la fase lútea temprana con una ejecución óptima en la fase lútea tardía (etapa premenstrual). Komnenich (1974), observó una ejecución pobre en la sustracción regresiva durante la fase folicular. Sin embargo, otros estudios no encontraron diferencias en las fases del ciclo (Altenhaus, 1978; Strauss y cols., 1983; Wickham, 1958; Graham, 1980; Sommer, 1972; Cormack y Sheldrake, 1972).

Considerando que la ejecución de cálculo aritmético simple fue mejor durante la fase lútea tardía no apoyan un decremento en la fase lútea tardía o en la menstrual como se esperaba.

e) Habilidad Verbal

La ejecución de la habilidad verbal, que es una habilidad que favorece a las mujeres (Hampson y Kimura, 1992) ha sido evaluada con tareas de articulación verbal simple tales como lectura de palabras, nombramiento de colores y repetición de sílabas y se ha observado que es más rápida en la fase lútea temprana (Anderson, 1972) y justo antes de la ovulación (Broverman y cols., 1982). También se han observado variaciones en la ejecución de tareas verbales complejas. Wickham (1958), encontró que la comprensión de instrucciones complejas fue ligeramente peor durante la fase menstrual. Hampson (1990), encontró que las tareas que requerían pesar palabras simples u oraciones con un criterio fonético particular fueron ligeramente mejor desarrolladas durante la fase lútea media cuando los niveles de estrógenos y progesterona son altos que durante la menstruación cuando los niveles de hormonas son bajos. Sin embargo, el mismo autor no encontró la

misma facilitación durante niveles altos de estrógenos, justo antes de la ovulación. Gordon y cols., (1986), que utilizaron serie de números, producción de palabras y de categorías tampoco encontraron efectos de las fases del ciclo.

La ejecución eficiente de la habilidad verbal está asociada con niveles altos de hormonas gonadales durante la etapa preovulatoria y la fase lútea temprana. En el caso de tareas de habilidad verbal simple (repetición de sílabas y nombrar colores) esta relación parece ser bastante consistente, pero en aquellas tareas de habilidad verbal compleja como es la fluidez verbal la relación no es tan clara, puesto que dicha facilitación no se ha observado durante la etapa ovulatoria cuando son altos los niveles de estrógenos, por lo que este efecto necesita de mayor investigación.

f) Tareas con Rutinas de Velocidad Simple

En esta categoría se han utilizado tareas simples de repetición como nombrar palabras o colores sin interferencia, tan rápido como sea posible. Broverman y cols. (1981) observaron en la tarea de nombrar colores y leer palabras una ejecución rápida antes de la ovulación (día 10) comparado con la fase lútea temprana (día 20). En cambio, Graham, (1980) encontró una mejor ejecución en fase lútea (días 20-25) comparado con el período comprendido del día 10 al 19 en las mismas tareas. Cooper y cols. (1983) observaron que nombrar objetos fue más rápido en la fase lútea temprana. Otros estudios que utilizaron tareas como mecanografiar y oprimir teclas tampoco encontraron diferencias significativas en el ciclo menstrual (Redgrove, 1971).

Estos estudios no muestran evidencia de algún decremento en la etapa premenstrual y sólo se observaron efectos poco consistentes en las etapas preovulatoria comparada con la fase lútea tardía.

g). Tiempo de Reacción en Decisiones Simples y de Elección

Muchos estudios de tiempo de reacción simple o elegido han fracasado en encontrar variaciones cíclicas significativas durante el ciclo menstrual. En una tarea de sustitución de dígitos y símbolos de la prueba de WAIS (Zimmerman y Parlee, 1973 ; Kommenich y cols., 1978 ; Graham, 1980) no se encontraron efectos de las fases del ciclo. Considerando el

tiempo de reacción de elección, se observó que fue lento en la etapa premenstrual (Landauer, 1974), y en la fase lútea, días 24-25, (Hunter y cols., 1979), pero no hubo diferencias significativas en el tiempo de reacción simple o en un tiempo de reacción complejo (una dificultad intermedia entre el tiempo de reacción simple y el de elección). Gamberale y cols. (1975) encontraron lentitud en la elección de una tarea de tiempo de reacción durante la menstruación en una muestra de mujeres que fue seleccionada por su sintomatología severa. El tiempo de reacción a una luz parpadeante fue más corto durante la fase lútea (Creutzfeldt y cols., 1976; Wuttke y cols., 1976). En otro estudio, Becker y cols. (1982) en una variedad de medidas de tiempo de reacción simple y de elección no encontraron diferencias significativas, excepto un incremento en el número de errores en la reacción a un tono durante la menstruación. Sin embargo, otros estudios no encontraron diferencias significativas durante el ciclo (Zimmerman y Parlee, 1973 ; Hutt y cols., 1980 ; Jensen, 1982).

De acuerdo con los resultados reportados en estos estudios, no está claro que factores contribuyen a las discrepancias encontradas entre los estudios de tiempo de reacción. Estas evidencias no apoyan la idea de un decremento premenstrual en el tiempo de reacción en decisiones simples, pero en investigaciones posteriores sería interesante evaluar el tiempo de reacción en la elección y asociar las respuestas con niveles de estrógenos. Por lo tanto el tiempo de reacción necesita de más investigación con un sistema computarizado para medirlo y que involucre discriminación de estímulos durante el ciclo menstrual.

h) Coordinación Motora

Muchos estudios han buscado evidencias objetivas de cambios en la ejecución motora durante el ciclo menstrual. La investigación surgió a raíz de los reportes de atletas y de otras deportistas quienes observaron que su ejecución deportiva se decrementaba en la etapa premenstrual (Zaharieva, 1965) lo cual sugería que el deterioro en la ejecución estaba relacionado con el tiempo de reacción.

Algunos estudios de coordinación motora proporcionan evidencia de un decremento en la etapa premenstrual pero otros no. Becker y cols. (1982), encontraron que durante la menstruación el tiempo total necesario para trazar líneas fue significativamente más largo y la frecuencia preferida para escribir a máquina fue más lenta que durante la fase folicular. Hampson y Kimura (1988) y Dor-Shav (1976), observaron un mejoramiento en la habilidad para dibujar en la etapa lútea tardía. Jensen (1982), observó un decremento en la tarea de perseguir una rueda móvil en la fase premenstrual con una mejor ejecución en la menstruación. Sin embargo, Munchel (1979) no encontró diferencias significativas en esta tarea durante el ciclo. En una tarea de trazar diseños reflejados en un espejo, se observó un incremento a mitad del ciclo en la cantidad de reminiscencias (Brown y cols., 1984). En varias medidas de velocidad manual y coordinación motora como mantener el movimiento del músculo del brazo fijo (Zimmerman y cols., 1973), sostener un objeto con la mano sin moverlo (Hudgens y cols., 1988) se observó que la ejecución fue mejor a mitad del ciclo y peor en la fase premenstrual.

Estos resultados sugieren que niveles altos de hormonas sexuales pueden estar asociados con una mejoría en la ejecución motora, la cual puede empeorar cuando los niveles hormonales son bajos. La coordinación motora parece ser la habilidad que muestra evidencia de un decremento en la ejecución en la etapa premenstrual del ciclo como se había planteado inicialmente.

i) Memoria

La formación de memoria a corto y a largo plazo también ha sido investigada durante el ciclo menstrual, partiendo de la suposición de que una deficiencia de memoria en la ejecución de tareas de aprendizaje y recuerdo está modulada por hormonas sexuales (Rosenzweig y Leiman, 1992). Los estudios que se han realizado son pocos y por lo tanto la evidencia al respecto es escasa.

Memoria a Largo Plazo.- Los estudios realizados para analizar los efectos de memoria a largo plazo han utilizado tareas con material para recordar posteriormente. Golub (1976),

aplicó una prueba de asociación de memoria que consistía en la presentación de pares de fotos y números a un grupo de 50 mujeres entre 30 y 45 años durante cuatro días antes de la menstruación y dos semanas más tarde. No encontró diferencias significativas en la ejecución cognitiva entre las dos sesiones medidas, es decir que no hubo un empeoramiento de la ejecución en la fase premenstrual. En otro estudio, Hartley y cols. (1987), midieron en las etapas ovulatoria, premenstrual y menstrual, la ejecución de 30 mujeres entre las edades de 25 a 40 años en una tarea de memoria que consistía en recordar información real y verdadera de un pasaje corto de prosa narrativa. Los autores observaron que el material aprendido durante la fase premenstrual fue mejor recordado, aunque no significativamente, que el material aprendido durante la fase ovulatoria. Jones y Jones (1976), evaluaron a 30 mujeres en las etapas menstrual, folicular y premenstrual, en la ejecución de una tarea que consistía en recordar libremente seis listas de palabras frecuentes, seguida del recuerdo acumulativo de las seis listas de palabras. No observaron efectos significativos de las fases del ciclo menstrual. En otro estudio realizado por Richardson (1991), se evaluó a un grupo de mujeres con ciclos espontáneos, otro grupo que tomaba anticonceptivos orales y a un grupo de hombres como control, en una tarea de aprendizaje de pares asociados en cuatro sesiones al mes. A las mujeres se les administró un cuestionario de síntomas premenstruales. No se observaron variaciones significativas en la ejecución de la tarea en las diferentes fases del ciclo menstrual en ninguno de los grupos estudiados. La ejecución de la memoria objetiva de las mujeres durante la etapa premenstrual no estuvo relacionada con los reportes de los síntomas premenstruales, aunque se observó que el recuerdo tendió a ser mejor durante la fase premenstrual y a ser peor durante la fase menstrual.

Los estudios mencionados anteriormente muestran que la ejecución cognoscitiva de tareas de memoria a largo plazo no varía a través de las diferentes fases del ciclo menstrual.

Memoria a Corto Plazo.- Los estudios de ejecución de memoria a corto plazo durante el ciclo menstrual, han considerado que los eventos de la fase lútea tienden a interrumpir la función cognoscitiva por medio de una reducción selectiva en la capacidad disponible de la

memoria de trabajo. Esto se debe manifestar en una ejecución deficiente en tareas de retención a corto plazo y especialmente en el recuerdo de series inmediatas, el cual es considerado como un paradigma de medición de la función de memoria de trabajo (Baddeley y Hitch, 1974). Asimismo, se ha considerado que la deficiencia debe ser mayor en aquellas mujeres que reportan una incidencia alta de síntomas premenstruales y que se refleja en un incremento en el rasgo de ansiedad.

Sólo se han realizado cuatro estudios que han considerado estas cuestiones. Cooper y cols. (1983), utilizaron la escala de extensión de dígitos de la escala de WAIS como una medida de ejecución automatizada. Durante la primera mitad de esta tarea se requería que los sujetos repitieran en forma hablada, secuencias de dígitos en retroceso (hacia atrás) en su orden de presentación; en la segunda mitad, se requería que los sujetos repitieran las secuencias hacia adelante. Los autores no observaron diferencias significativas en términos de ejecución durante las diferentes etapas del ciclo menstrual.

En una investigación subsecuente realizada por Gordon y cols. (1986), evaluaron a 24 mujeres con ciclos menstruales normales, en una tarea de recuerdo inmediato de secuencias de series de dígitos durante la menstruación (días 1-2), en el período folicular (días 10-12) y en la fase lútea tardía (días 20-24). Se observó un efecto significativo en las fases del ciclo menstrual, la ejecución fue mejor durante la menstruación y peor durante el período intermenstrual temprano.

En un estudio realizado por Hartley y col. (1987), se evaluaron a 30 mujeres en una tarea de recuerdo inmediato de secuencias de series de palabras fonética y semánticamente similares en las fases ovulatoria, premenstrual y menstrual. El recuerdo de secuencias de palabras con semántica similar fue significativamente peor durante la fase ovulatoria, y el recuerdo de secuencias fonéticamente similares tendió a ser mejor en esta fase del ciclo que durante las etapas premenstrual y menstrual. En otro estudio, Ussher (1987), midió a dos grupos de mujeres con y sin síndrome premenstrual en una tarea de extensión de dígitos y les evaluó el reporte de estrés durante la fase premenstrual. Observó que el estrés se

incrementó durante la fase premenstrual tanto en las mujeres con síndrome premenstrual como en las mujeres sin síndrome. No obstante, ninguno de los dos grupos de mujeres mostró fluctuaciones significativas en la tarea de extensión de dígitos a través del ciclo menstrual. Así mismo, en otros estudios de aprendizaje de pares asociados (Richardson, 1988) y de recuerdo inmediato de series de palabras similares y distintas fonéticamente (Richardson, 1991) tampoco se encontraron diferencias significativas en las fases del ciclo.

En conclusión, sólo algunos estudios mostraron cambios significativos en la ejecución de una tarea de recuerdo de secuencias fonéticamente similares en la etapa ovulatoria y de ejecución de recuerdo inmediato de secuencias de series de dígitos en la etapa intermenstrual temprana y durante la menstruación. El resto de los estudios no encontraron diferencias significativas ni deficiencias en la ejecución en tareas de memoria a corto plazo en la fase lútea tardía que pudiera asociarse con bajos niveles hormonales y/o con síntomas premenstruales. Esto se puede atribuir a errores en la medición y a la falta de poder experimental (Parlee, 1973; Sommer, 1992) o que estas pruebas no son suficientemente sensibles para detectar cambios en la función de memoria.

Conclusiones Generales

La mayoría de los estudios mencionados anteriormente, con la posible excepción de la coordinación motora y la articulación hablada, no muestran una evidencia sólida de un decremento premenstrual o menstrual en la ejecución cognoscitiva simple. Los estudios de pensamiento abstracto, memoria, aritmética, habilidad de visualización espacial, velocidad simple y tareas de tiempo fracasaron en demostrar efectos sistemáticos de las fases del ciclo. Los estudios que mostraron cambios en la ejecución cognoscitiva fueron observados en la etapa folicular comparada con la fase lútea y estos cambios estuvieron asociados con variaciones en los niveles de estrógenos, lo cual es indudablemente un punto interesante y relevante para la investigación cognoscitiva durante el ciclo menstrual.

Se ha planteado, que las investigaciones que no encontraron efectos claros y sistemáticos entre medidas objetivas de ejecución cognoscitiva y variables del ciclo menstrual, se deben a problemas metodológicos, entre los que se ha incluido (1) el tamaño de la muestra, (2) la clasificación de las fases del ciclo sin un correlato hormonal o una medida indirecta de éste, (3) el uso de diseños entre y dentro del mismo grupo, (4) la interpretación de resultados no significativos como si fueran estadísticamente significativos, (5) la selección inapropiada de la fase del ciclo para probar la hipótesis de interés y (6) la selección relativamente arbitraria de las tareas cognoscitivas para detectar cambios en la ejecución cognoscitiva sin considerar los componentes básicos de procesamiento de información humana.

Sin embargo, algunas observaciones permiten suponer que la presencia o ausencia de algún efecto sobre el ciclo no parece estar relacionado con el tamaño de la muestra, ni con la designación de las fases del ciclo o con el nivel hormonal (Sommer, 1992). Sólo aquellos estudios que midieron los niveles hormonales o que exploraron las diferencias sexuales en la ejecución (habilidad espacial y verbal) pueden confirmar algún efecto de las fases del ciclo sobre los procesos cognoscitivos.

El problema al parecer, está en las medidas estándares de evaluación cognoscitiva utilizadas en la mayoría de los estudios, que no fueron capaces de detectar ese deterioro en

la ejecución que manifiestan algunas mujeres y que pueden haber sido inapropiadas y por lo tanto insensibles a la posible influencia del ciclo menstrual sobre la ejecución cognoscitiva (Sommer, 1992; Richardson, 1991). Esto posiblemente se debe a que algunos de los cambios manifestados por la mayoría de ellas no son alteraciones patológicas, sino más bien cambios sutiles, difíciles de detectar con pruebas cognoscitivas estándares, que en algunos casos, fueron diseñadas para medir alteraciones patológicas. Estos cambios sutiles se manifiestan en una sensación subjetiva de mayor dificultad para realizar actividades, enfrentar problemas o situaciones, que pueden deberse no a cambios en funciones cognoscitivas sino en funciones ejecutivas como las de los lóbulos frontales y por lo tanto reflejarse en pruebas que midan funciones superiores como son las pruebas de funciones del lóbulo frontal.

Los escasos estudios de ciclo menstrual que han utilizado este tipo de pruebas han mostrado cierta sensibilidad para detectar dificultades en los procesos cognoscitivos que requieren del lóbulo frontal. Las deficiencias en el aprendizaje de nuevo material durante la fase lútea tardía han reflejado el uso inadecuado de estrategias de codificación que facilitan el aprendizaje, así como una peor ejecución en la tarea de nombrar colores y en la formación de conceptos visuales han reflejado deficiencias en la flexibilidad mental y en el control de la impulsividad durante esta etapa del ciclo (Lord y Taylor, 1991; Kennan y cols., 1992). Parece evidente que los procesos cognoscitivos que involucran funciones del lóbulo frontal son susceptibles a los cambios hormonales que ocurren durante el ciclo menstrual y se reflejan en un deterioro en la ejecución, por lo que es necesario hacer más estudios que exploren estas funciones y su correlación con parámetros de actividad EEG, la cual, muestra oscilaciones dependientes de las diferentes etapas del ciclo menstrual (Wuttke y cols., 1975; Creutzfeldt y cols., 1976; Becker y cols., 1982; Solís y cols., 1994).

A continuación se esboza brevemente las funciones del lóbulo frontal, entre ellas, la "toma de decisiones", que según reportes anecdóticos, empeora en la etapa premenstrual y que es uno de los procesos que se evaluó en el presente estudio.

TOMA DE DECISIONES DURANTE EL CICLO MENSTRUAL

El proceso de toma de decisiones comienza cuando se analiza un problema y termina cuando se ha escogido una alternativa entre varias disponibles. Este proceso complejo es una de las funciones que se le han atribuido a la corteza prefrontal (Damasio y cols., 1991) que se considera como el área donde se integran funciones cognoscitivas en el cerebro.

La corteza frontal intercambia conexiones con las áreas asociativas parieto-temporales, sensoriales y motoras. Está principalmente conectada con el sistema límbico, el cual se conoce participa en respuestas emocionales, y también tiene conexiones con el tálamo, así como con los ganglios basales involucrados en el control del movimiento. Finalmente, varios núcleos de la formación reticular y de otras regiones que contienen neurotransmisores tales como la dopamina, noradrenalina y acetilcolina evían axones a la corteza frontal, donde se controla la actividad de una manera global (Changeux y Dehaene, 1996).

Los estudios clínicos, experimentales y de neuroimagen han atribuido a esta región un papel integrativo en una gran variedad de funciones, como son la atención, planeación, secuenciación, representación de la memoria y significado emocional y motivacional, además de la toma de decisiones (Stuss y Benson, 1986; Goldman-Rakic, 1987; Damasio y Anderson, 1993), que en los humanos son importantes para las funciones cognitivas superiores.

Los estudios, tanto en primates como en humanos, han mostrado relaciones entre regiones específicas prefrontales y ciertos procesos complejos: la región prefrontal caudal ha sido involucrada en mecanismos de atención (Heilman y cols., 1970), la región prefrontal dorsolateral esta implicada en procesos mnemónicos (Funahashi y cols., 1989) y la porción ventromedial es crucial para la toma de decisiones (Damasio y cols., 1991).

Así, muchas funciones cognitivas superiores que son importantes en la vida cotidiana de los humanos, dependen de la integridad y el funcionamiento óptimo del lóbulo frontal. Se ha descrito que las lesiones del lóbulo frontal en humanos se acompañan de desórdenes

emocionales como hipermotilidad e inestabilidad (Nauta, 1971), decremento de la actividad cortical general y por desórdenes cognoscitivos que se reflejan en la ocurrencia de errores en la ejecución de diversas tareas. Entre estas alteraciones se pueden incluir desinhibición, impulsividad, distracción, rigidez y perseverancia en el error, apatía y falta de respuesta (Luria, 1966). Estas dificultades se pueden reflejar en la ejecución de tareas que involucran análisis perceptual o clasificación (Milner, 1963, Luria, 1966), memoria (Milner, 1971), selección de respuestas simples (Drewe, 1975), solución de problemas espaciales o verbales (Milner, 1965; Luria, 1966) y otros muchos de la vida diaria que se manifiestan como dificultades en la planeación y autocontrol de la conducta social (Eslinger y Damasio, 1985).

Las funciones cognoscitivas superiores relacionadas con el ciclo menstrual han mostrado variaciones significativas (Parlee, 1983; Chiarello y cols., 1989; Herister y cols., 1989; Symons y cols., 1990). Sin embargo, son pocas las investigaciones sistemáticas donde se evalúan funciones específicas del lóbulo frontal durante las diferentes fases del ciclo, a pesar de que algunos de los síntomas del síndrome premenstrual como labilidad afectiva, incremento en la distracción, falta de concentración y aturdimiento (Richardson, 1992) están muy relacionados con funciones del lóbulo frontal.

Una de las funciones del lóbulo frontal que ha sido evaluada durante el ciclo menstrual es la *memoria de trabajo*, aunque tampoco en esta función se han encontrado resultados consistentes. La memoria de trabajo se refiere a una forma de almacenamiento temporal de información que es necesario para ejecutar un rango amplio de habilidades que incluyen comprensión, aprendizaje y razonamiento (Baddeley, 1995). Se ha propuesto que esta memoria comprende un sistema de control atencional, la central ejecutiva, asistido por dos sistemas esclavos responsables del almacenamiento temporal y manipulación ya sea de material visual (el sketchpad visoespacial) o de material verbal (el enlace fonológico) (Baddeley, 1995).

Las tareas comúnmente empleadas como paradigmas de memoria de trabajo en estudios con mujeres durante el ciclo menstrual son la tarea de recuerdo libre, que consiste en recordar una lista de palabras no relacionadas, tantas como sea posible, en algún orden y la tarea de retención de secuencias de dígitos, que consiste en repetir hacia atrás secuencias de dígitos. Cooper y cols. (1983) y Ussher (1987) no encontraron diferencias significativas en la ejecución de la tarea de retención de dígitos a lo largo del ciclo menstrual. En cambio, Gordon y cols. (1986) observaron que la ejecución de esta tarea fue significativamente peor en la etapa folicular y mejor durante la menstruación. En la ejecución de la tarea de recuerdo de series inmediatas de secuencias de palabras con semántica similar, se observó que fue significativamente peor durante la fase ovulatoria y el recuerdo de las secuencias fonéticamente similares tendió a ser mejor en esta etapa del ciclo que en las etapas premenstrual y menstrual (Hartley y cols., 1987). En cambio, el recuerdo de series inmediatas de palabras similares y distintas fonéticamente no mostró diferencias significativas en las distintas fases del ciclo (Richardson, 1991).

Estos resultados inconsistentes en la ejecución de las tareas de retención de dígitos y el recuerdo de secuencias de palabras se pueden deber a que estas tareas son automatizadas y poco susceptibles a los cambios hormonales que ocurren durante el ciclo menstrual como se indicó anteriormente en otras áreas cognoscitivas. También se puede atribuir a errores en la medición y a la falta de poder experimental en el diseño (Parlee, 1973; Sommer, 1972).

Existen pocas pruebas que midan específicamente procesos del lóbulo frontal y que por lo tanto sean sensibles para detectar disfunción cerebral. Una de estas pruebas es la tarea de "nombrar colores" diseñada por Stroop (1935), que ha sido aplicada en estudios del ciclo menstrual. En un estudio, se observó un incremento en la interferencia para nombrar colores durante la etapa premenstrual comparada con la etapa preovulatoria del ciclo (Lord y Taylor, 1991). Aunque estos autores no discutieron sus resultados en términos neuropsicológicos, sugirieron que los procesos del lóbulo frontal se decrementaron en la

fase premenstrual y que la tarea Stroop servía para evaluar disfunción relativa del lóbulo frontal (Perret, 1974).

Otra tarea que ha sido utilizada para evaluar dichas funciones frontales es la "generación de números al azar (Brugger y cols., 1993), la cual tiene la ventaja de que los sujetos desconocen la medida relevante de la ejecución y que no es probable que se contamine por la expectativa. En la aplicación de esta prueba a un grupo de mujeres durante el ciclo menstrual, se observó un incremento significativo en el conteo repetido (sesgado) de secuencias generadas durante la etapa premenstrual. Este resultado, también sugirió un deterioro relativo del funcionamiento del lóbulo frontal que fluctúa con los cambios hormonales.

Una tercera prueba que implica un proceso de "toma de decisiones" es la prueba "Wisconsin Card Sorting Test" (Grant y Berg, 1948; Heaton, 1980), que por sus características fue utilizada en el presente estudio. Esta prueba fue inicialmente diseñada para evaluar la habilidad de abstracción, pero actualmente es un instrumento de amplio uso clínico en la neuropsicología. Es una de las pocas pruebas que muestran sensibilidad específica para detectar lesiones cerebrales que involucran al lóbulo frontal (Berman y cols., 1995). Esta prueba requiere de "toma de decisiones" para aparear cartas de acuerdo a un principio o regla y proporciona medidas objetivas de conceptualización, perseveración, incapacidad para mantener una secuencia y deficiencia en el aprendizaje. Los individuos con lesiones frontales cometen errores de tipo "perseverativo", cuyo proceso consiste en persistir en utilizar la regla que fue inicialmente correcta aún después de que se les dijo que era error, mostrando dificultades para pasar de una regla a otra.

La prueba "Wisconsin Card Sorting Test (WCST)" ha mostrado una gran sensibilidad para detectar cambios funcionales del lóbulo frontal relacionados con las hormonas gonadales. En un estudio realizado por Berman y cols. (1994) utilizaron esta prueba y la técnica de PET para evaluar la ejecución de un grupo de mujeres con desórdenes en el estado de ánimo y otro grupo sin trastornos relacionados con el ciclo menstrual. Las

mujeres fueron evaluadas en tres condiciones hormonales: 1) supresión ovárica inducida por una hormona agonista de la liberación de gonadotrofinas (Lupron), 2) Lupron más estrógenos, 3) Lupron más progesterona. Durante cada condición, a las mujeres se les evaluó el flujo sanguíneo con la técnica de tomografía de emisión de positrones (PET) en descanso y durante la ejecución de la prueba WCST. Los autores observaron que el flujo sanguíneo fue más bajo con el tratamiento de Lupron en las mujeres con trastornos menstruales durante la línea base y tendió a incrementarse con el tratamiento de progesterona y a decrementarse con los estrógenos. Durante la ejecución de la tarea, la región más afectada por el tratamiento hormonal fue el área superior izquierda del cíngulo anterior, la cual se incrementó con la progesterona y se decrementó con los estrógenos.

Sin embargo, la prueba WCST que ha mostrado sensibilidad para detectar alteraciones funcionales del lóbulo frontal no ha sido aplicada en estudios de actividad EEG durante la ejecución cognoscitiva a lo largo del ciclo menstrual en la mujer. En un estudio previo realizado con mujeres durante el ciclo menstrual, se observó baja activación de la actividad electroencefalográfica en reposo en las regiones frontales durante la etapa premenstrual (Solís y cols., 1994), lo cual hace suponer que la ejecución de una tarea de funciones del lóbulo frontal durante las diferentes etapas del ciclo se reflejará en los parámetros de actividad EEG. Uno de los objetivos, en el presente estudio, fue evaluar la "toma de decisiones", como una de las funciones del lóbulo frontal, por medio de la prueba "Wisconsin Card Sorting Test" con el registro simultáneo de la actividad EEG en las regiones fronto-centrales a lo largo del ciclo menstrual.

ESTADOS DE ANIMO DURANTE EL CICLO MENSTRUAL

Las hormonas sexuales, estrógenos y progesterona, influyen sobre el estado de ánimo produciendo fluctuaciones cíclicas durante el ciclo menstrual, aunque los estudios realizados para evaluar el estado de ansiedad durante el ciclo menstrual son diversos, heterogéneos e inconsistentes como se podrá apreciar enseguida.

Las alteraciones emocionales asociadas con el ciclo menstrual y en particular con la fase premenstrual, consisten en varios grados de tensión, sentimientos de indiferencia, autodesprecio, opresión, depresión, irritabilidad y ansiedad que fueron descritos por primera vez por Horney (1931) y atribuidos a la acción de las hormonas gonadales (Frank, 1931). Esta sintomatología va de acuerdo con el concepto de ansiedad que fue descrito por Spielberger (1972) como una condición caracterizada por sentimientos subjetivos de tensión, aprensión y activación del sistema nervioso autónomo.

Se ha sugerido que las fluctuaciones en las hormonas sexuales durante el ciclo menstrual pueden estar relacionadas con estos cambios en los síntomas afectivos. Diversas teorías han sido propuestas por varios investigadores: acción de los estrógenos (Frank, 1931), incrementos de los niveles de estradiol o progesterona en la fase lútea (Hammarbäck y cols., 1989), un decremento (Dalton 1964; Bäckström y cols., 1976) y un incremento (O'Brien, 1980; Watts y cols., 1985) en los niveles de progesterona, así como cambios en los niveles de estrógenos (Baird y Guevara, 1969) o cambios en la proporción de los niveles de estrógenos y progesterona (Bäckström y col., 1975; Halbreich y cols., 1986).

Diversos estudios sugieren que el estado de ansiedad se incrementa en la fase premenstrual del ciclo (Benedek y Rubinstein, 1939; Moos y cols., 1969; Beaumont y cols., 1975; Abplanalp y cols., 1977; Parlee, 1980; Bäckström y cols., 1983; Sherry y col., 1988; Hamilton y cols., 1988; Schmidt, 1990). Sin embargo, otros estudios reportan que la ansiedad se incrementa durante la fase menstrual del ciclo (Beaumont y cols., 1975; Wilcoxon y cols., 1976; Parle, 1980; Solís y Corsi, 1999).

Algunas investigaciones se han enfocado específicamente en los cambios cíclicos en la depresión. Se ha observado que la depresión muestra un incremento durante la etapa premenstrual comparada con la fase a mitad del ciclo (Beaumont y cols., 1975; Taylor, 1979; Hamilton y cols., 1988; Schmidt, 1990; Keenan, 1992). Estos estudios se contradicen con otros en los que se observaron índices bajos de depresión en la etapa premenstrual (Parlee, 1980), o con aquellos que no encontraron cambios cíclicos en el estado de ánimo a través del ciclo menstrual (Silbergeld y cols., 1971; May, 1976; Dan, 1980). En un estudio realizado por Zimmerman y Parlee (1973) midieron diariamente los síntomas de irritabilidad, ansiedad, aprensión, inquietud, desasosiego y no encontraron variaciones cíclicas durante el ciclo menstrual. En un grupo de adolescentes se evaluaron los índices de depresión por medio de la escala Lista de Adjetivos de Depresión y la ansiedad por medio de la escala Inventario Estado Rasgo de Ansiedad y no se encontraron variaciones cíclicas durante el ciclo menstrual (Golub y Harrington, 1981). Lahmeyer y cols. (1982) no encontraron fluctuaciones cíclicas en el estado de ánimo usando el cuestionario de dolencias menstruales ("Menstrual Distress Questionnaire") y la ansiedad usando la escala Estado Rasgo de Ansiedad ("State Traid Anxiety Inventory"). Finalmente, O'Neil y cols. (1984) no encontraron variaciones significativas en la depresión en un grupo de 354 mujeres usando una batería de pruebas que incluyó la escala de Depresión de Beck y un cuestionario general de salud.

Se han propuesto varias posibles explicaciones para estas discrepancias entre las que destacan problemas metodológicos (Abplanalp y cols., 1979; Moos y cols., 1969; Vila y Beech, 1980):

- (1). Diferentes definiciones de "etapa premenstrual", de tal manera que esta etapa ha sido definida como la segunda mitad del ciclo hasta un día antes de la menstruación, (2) mediciones de ansiedad y depresión en sólo dos etapas del ciclo, (3) evaluaciones del estado de ánimo retrospectivos, (4) comparaciones entre medidas retrospectivas y concurrentes del estado de ánimo, (5) administración de cuestionarios con la etiqueta de "Cuestionario de

Ansiedad, "Escala de Depresión", "Cuestionario de Síntomas Menstruales", etc., (6) la aplicación de instrumentos inadecuados, ya que algunos de ellos fueron diseñados para medir desórdenes afectivos en la práctica clínica y por lo tanto son insensibles para medir los cambios de estado de ánimo relativamente pequeños que ocurren durante el ciclo (Asso, 1983). Los síntomas de depresión premenstrual difieren en naturaleza y duración de aquellos asociados con desórdenes afectivos recurrentes y parecen ser más de naturaleza cognoscitiva que somática (Kennan y cols., 1992).

Los estudios anteriores muestran que hay resultados contradictorios en la evaluación de los síntomas emocionales. Hay una gran cantidad de estudios que reportan cambios en la ansiedad y depresión durante el ciclo menstrual y otros que no, incluyendo aquellos que utilizaron la misma escala para evaluar el estado emocional, por lo cual esta área requiere de más investigación. Estas contradicciones se pueden deber al uso indiscriminado de cuestionarios utilizados para evaluar la ansiedad y depresión, que seguramente no fueron sensibles para detectar los cambios sutiles en el estado emocional que ocurren durante el ciclo menstrual.

Sin embargo, se ha demostrado la utilidad y sensibilidad de una escala para evaluar síntomas depresivos durante el ciclo menstrual. En un estudio realizado por Kennan y cols. (1992), utilizaron la versión corta de la escala de Depresión de Beck y Beamesdorfer, (1974), que utiliza 13 de los 21 reactivos originales y que enfatizan los aspectos cognoscitivos de la depresión (Stein y cols., 1984) y la comparó con la escala de Zung-D (Zung, 1965) que valora más sintomatología vegetativa de depresión, para detectar cambios en los síntomas depresivos en un grupo de mujeres con síndrome premenstrual durante el ciclo menstrual. Los autores encontraron que la versión corta de la escala de Beck fue más sensible que la escala de Zung-D para detectar cambios cíclicos en la depresión en mujeres con sintomatología premenstrual, cuya frecuencia mayor ocurrió en la fase lútea. La disforia experimentada por mujeres con síndrome premenstrual parece ser más de naturaleza cognoscitiva que somática.

Otro cuestionario que ha mostrado sensibilidad para detectar variaciones cíclicas en la ansiedad durante el ciclo menstrual y su correlación con la actividad EEG (Solís y Corsi, 1999) es el Inventario Estado Rasgo de Ansiedad (IDARE) de Speilberg y cols. (1970) y cuenta con versión estandarizada para la población mexicana (Speilberg y cols., 1980).

En el presente estudio, considerando la sensibilidad mostrada por la versión corta de la escala de depresión de Beck y Beamesdorfer (1974) para evaluar los aspectos cognoscitivos (sentimientos) de la depresión y el cuestionario IDARE para evaluar la ansiedad, se aplicaron estos cuestionarios con la finalidad de evaluar la ansiedad y la depresión a lo largo del ciclo menstrual.

EFFECTOS DE LA ANSIEDAD Y DE LA DEPRESION SOBRE LA EJECUCION COGNOSCITIVA DURANTE EL CICLO MENSTRUAL

Estudios no relacionados con el ciclo menstrual indican que los estados afectivos influyen sobre los procesos cognoscitivos. La ansiedad dificulta la resolución de problemas, el aprendizaje incidental, la habilidad para comunicarse, la ejecución de pruebas estándares de inteligencia, particularmente las que poseen tiempo limitado (Levitt, 1967). La ejecución de la tarea extensión de dígitos se decrementa con la ansiedad (Hodges y col., 1969), este decremento en la ejecución se puede deber a una capacidad limitada de la memoria de trabajo (Eysenck, 1979). Se ha observado que los sujetos ansiosos emplean procesos irrelevantes para realizar tareas (Eysenck, 1979) y muestran una ejecución pobre en tareas que requieren de ensayos articulados (Eysenck, 1985) comparados con sujetos con baja ansiedad. La capacidad de almacenamiento y procesamiento de la memoria de trabajo se reduce en sujetos con altos niveles de ansiedad (Darke, 1988).

Los pacientes con depresión manifiestan estilos cognoscitivos diferentes o procesamientos de información diferente (Clark, 1985). La depresión ha sido asociada con ejecución deficiente, distracción, con una disminución en la persistencia para resolver problemas (Johnson y Magaro, 1987), con una inconsistencia en la ejecución de tareas de memoria y con recuerdo pobre (Lelis, 1989). Así mismo se ha observado que la activación del lóbulo frontal derecho y la ejecución de tareas que involucran al hemisferio derecho se decrementan durante la depresión emocional (Tucker y cols., 1981).

Considerando las posibles variaciones de ansiedad y depresión durante el ciclo menstrual, particularmente en la etapa premenstrual (Hamilton y cols., 1983) y que los sujetos con depresión o ansiedad muestran una ejecución deficiente, se ha estudiado el posible efecto de estos estados ánimo sobre la ejecución cognoscitiva durante el ciclo menstrual, aunque también se han encontrado resultados contradictorios. Por ejemplo, se observó que la ansiedad y la depresión se incrementó significativamente en un grupo de 50 mujeres durante la etapa premenstrual, pero la magnitud de este cambio no afectó la

ejecución de tareas de memoria, solución de problemas, formación de conceptos y creatividad (Golub, 1976). En un estudio longitudinal realizado con mujeres estudiantes de medicina, se observó que la mitad de ellas, manifestaron significativamente síntomas de depresión y de ansiedad, pero estos estados emocionales no interfirieron con la ejecución académica en sus estudios (Sherry y cols., 1988). En otro estudio Rapkin y cols. (1989) compararon la ejecución de tareas cognoscitivas entre las etapas folicular y lútea y no encontraron diferencias significativas en un grupo de mujeres con síntomas premenstruales.

Sin embargo, cuando se evaluó la función cognoscitiva por medio de las pruebas Interferencia al Color de Stroop (1935), Aprendizaje Verbal California (Delis y cols., 1987) y la prueba "Trail Making" (Reitan, 1983), una prueba de sucesiones conceptuales y visuales y motoras, que requieren de funciones del lóbulo frontal se observó una relación entre deterioro cognoscitivo y síntomas severos premenstruales. Keenan y cols. (1992) observaron en un grupo de mujeres con síndrome premenstrual comparado con un grupo sin síndrome que mostraron deficiencia en el aprendizaje de nuevas palabras, en el agrupamiento de categorías y bajos puntajes en la discriminación de una tarea de reconocimiento durante la fase lútea del ciclo que se correlacionó significativamente con depresión. Los autores sugirieron que esta deficiencia en el aprendizaje se debió a una deficiencia en las estrategias de codificación que facilitan los procesos de aprendizaje. Las mujeres con síndrome premenstrual, también ejecutaron peor en una prueba de flexibilidad mental, aunque esto no se correlacionó con cambios emocionales. En cambio, en la prueba de nombrar colores (Stroop, 1935) ambos grupos cometieron muchos errores durante la fase lútea tardía, pero el nombramiento fue más rápido en este período, sugiriendo un grado de desinhibición e impulsividad durante esta fase del ciclo.

Otra posible explicación que se ha sugerido a la falta de relación entre el deterioro en ejecución y estados emocionales, es que las mujeres que conocen y atribuyen sus síntomas de ansiedad y depresión a la etapa premenstrual, tratan de sobreponerse y se esfuerzan por realizar mejor las tareas cognoscitivas. En cambio, aquellas mujeres que no están enteradas

o no se dan cuenta de sus cambios de estado de ánimo y no se los atribuyen al ciclo menstrual, pueden mostrar una ejecución deficiente (Research y Rodin, 1976). Sin embargo, los hallazgos descritos anteriormente indican que se pueden observar cambios en el estado de ánimo que afectan la ejecución cognoscitiva durante el ciclo menstrual cuando se evalúa la ejecución por medio de tareas que involucran procesos cognoscitivos del lóbulo frontal (flexibilidad y control del impulso) y la utilización de cuestionarios "sensibles" para medir ansiedad y depresión (Kennan y cols., 1992).

Los cambios en el estado de ánimo y sus efectos sobre la ejecución cognoscitiva, como otras áreas del ciclo menstrual, aún no están totalmente claros y requieren de más investigación (Ussher, 1992). Por lo tanto, en el presente estudio se evaluaron los índices de ansiedad y depresión con la finalidad de confirmar si estos estados de ánimo fluctuaban con la actividad EEG durante el ciclo y si afectaban la ejecución cognoscitiva, en particular la tarea "toma de decisiones", que como se mencionó anteriormente, esta tarea requiere de la participación del lóbulo frontal, región importante para las funciones cognoscitivas en la mujer (Kimura, 1987) y para el estado de ánimo (Flor-Henry y Koles, 1984).

ACTIVIDAD ELECTRICA CORTICAL (EEG)

a) Descripción General del EEG

En este capítulo se describirá los aspectos básicos de la actividad eléctrica cortical espontánea, así como los trabajos relevantes realizados con el fin de observar los cambios que ésta sufre en reposo y durante la ejecución de tareas cognoscitivas durante el ciclo menstrual en la mujer.

La electroencefalografía (EEG) es una técnica que permite registrar la actividad eléctrica cortical espontánea y ha sido de gran utilidad en el estudio del funcionamiento del Sistema Nervioso Central. Esta técnica ha mostrado ser útil en diversas investigaciones que han relacionado la actividad EEG con estados fisiológicos y con la conducta, tanto en animales como en el hombre.

El EEG abarca, aproximadamente, un rango de frecuencias entre los 0.5 y los 50 Hz, con una amplitud entre 5 y 200 microvolts. La actividad eléctrica cortical se ha clasificado en cuatro bandas principales en base a su frecuencia, morfología, amplitud y el estado en que aparecen.

Ritmo Delta (δ). El ritmo delta tiene el rango de frecuencias más lento, entre 0.5 y 3.5 Hz y la mayor amplitud de las bandas del EEG. Predomina en las regiones anteriores (fronto-temporal) de la corteza. Es un ritmo característico de las fases III y IV del sueño. Solamente se observa visualmente durante la vigilia en condiciones patológicas.

Ritmo Theta (θ). El ritmo theta tiene una frecuencia entre 4 y 7 Hz, con alta amplitud, se registra de preferencia en las regiones temporales y parietales. En el hombre se observa mediante inspección visual durante el sueño y en la vigilia en algunos casos de patología cerebral.

Ritmo Alfa (α). El ritmo alfa abarca un rango de frecuencias entre 8 y 12 Hz, con una amplitud alrededor de 100 microvolts y aparece en formas de usos y trenes. Se ve muy claramente en zonas posteriores de la corteza y principalmente en estados de relajación con los ojos cerrados, aunque en algunas personas no aparece.

Ritmo Beta (β). Se considera que el ritmo beta abarca un rango de frecuencias entre los 13 y 30 Hz. Tiene una baja amplitud y aparece de preferencia en zonas anteriores de la corteza cerebral. Este ritmo es característico de los adultos en estado de vigilia y se ha relacionado con el alertamiento y la reacción de orientación ante estímulos externos.

Clásicamente se ha descrito una relación inversa entre los ritmos alfa y beta. Al abrir los ojos o prestar atención a un estímulo externo, la actividad alfa se atenúa, mientras que la proporción del ritmo beta se incrementa. Este incremento de beta y disminución de alfa se ha considerado como un índice del nivel de activación cerebral.

Además de la inspección visual, hay otras técnicas computarizadas para obtener mayor información del EEG como es la Transformada Rápida de Fourier, que permite descomponer la señal de EEG en las diferentes frecuencias que la componen y conocer la energía o potencia de cada frecuencia. Esta técnica, además de proporcionar la potencia absoluta ya sea de cada frecuencia aislada o de frecuencias agrupadas en bandas, proporciona información sobre la activación cerebral.

Existen dos métodos muy similares para obtener información acerca de la relación funcional entre dos zonas corticales como son el análisis del espectro de coherencia y el análisis de correlación entre dos señales que dan información, tanto sobre el grado de semejanza morfológica, como de polaridad y fase (Harmony y cols. 1973; Shaw, 1984). Partiendo de la base de que la actividad electroencefalográfica (EEG) refleja los procesos neurofisiológicos subyacentes, se ha considerado que una actividad neuronal compartida por dos áreas corticales se refleja en una actividad EEG muy parecida, y en la medida en que los procesos neurofisiológicos subyacentes sean diferentes, las dos señales EEG también lo serán, lo cual quiere decir, que mientras mayor sea la relación funcional entre dos áreas, más semejante será su actividad (Grindel, 1982; Shaw, 1984).

El análisis de coherencia o de correlación proporcionan esta información por lo que se ha utilizado para investigar la organización funcional entre dos zonas de la corteza o entre diversas áreas corticales (Shaw y cols. 1977; Beaumont y cols. 1978; Grindel, 1982; Shaw,

1984). Su empleo ha mostrado que el grado de correlación cambia de un estado a otro, lo cual permite discriminar los cambios en la organización funcional que acompañan a cada estado como el sueño (Corsi y cols., 1989), privación de sueño (Lorenzo y cols., 1995), influencia de las hormonas gonadales durante el ciclo estral en la rata (Corsi y cols., 1992) y en el ciclo menstrual en la mujer (Solís y cols., 1994).

Debido a que durante el ciclo menstrual ocurren cambios tanto hormonales, emocionales y cognoscitivos, consideramos que la aplicación de este tipo de análisis de correlación al estudio de la actividad EEG durante la ejecución de una tarea que involucre funciones del lóbulo frontal y una que involucre la habilidad espacial durante el ciclo menstrual, además de la potencia, puede ser muy útil para investigar los posibles cambios que ocurran del estado de reposo a la ejecución de dichas tareas. Los trabajos que se han realizado en esta área son escasos como podrá apreciarse enseguida.

b) Actividad EEG Durante la Ejecución de Tareas Cognoscitivas a lo Largo del Ciclo Menstrual

En la mujer, se ha observado que la actividad electroencefalográfica (EEG) varía con el ciclo menstrual. El ritmo alfa se acelera con un máximo antes de la menstruación (Wuttke y cols., 1975). La potencia de theta y su frecuencia es más lenta en la fase lútea que en la fase folicular (Gautray, 1969; Creutzfeldt y cols., 1976; Becker y cols., 1982). La potencia absoluta de alfa con ojos cerrados es mayor en la etapa premenstrual y menor en la folicular y la correlación interhemisférica e intrahemisférica es mayor en la fase lútea (Solís y cols., 1994)

Existen solo dos trabajos que relacionan la actividad eléctrica cerebral (EEG) con la ejecución en diversas tareas cognoscitivas durante el ciclo menstrual, pero ninguno evaluó funciones del lóbulo frontal. Creutzfeldt y cols. (1976) observaron que el componente rápido de la frecuencia alfa durante la fase lútea se asoció paralelamente con una mejor ejecución en aritmética simple, orientación espacial y con un decremento en el tiempo de reacción en tareas simples. Becker y cols. (1982) observaron que la mejor ejecución en el

tiempo necesario para trazar una línea, la velocidad para escribir a máquina, la frecuencia de fusión parpadeante, el total de cálculos aritméticos, la orientación visual y espacial ocurrió en fase folicular, antes de la ovulación cuando se libera la hormona luteinizante y esta mejoría en la ejecución se asoció con una lentificación de la frecuencia de alfa y con una potencia alta de beta, mientras que la peor ejecución ocurrió en la fase lútea y se asoció con una aceleración de la frecuencia de alfa y con un decremento de la potencia de beta.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los estudios que analizan la ejecución de tareas de diversas áreas cognoscitivas, han estado enfocados a determinar cómo varía la ejecución en los diferentes períodos del ciclo menstrual en la mujer y cómo se relacionan algunos de estos resultados ya sea con la actividad EEG, la ansiedad o con la depresión en determinadas etapas del mismo.

Las áreas cognoscitivas que han sido evaluadas con mayor frecuencia son las áreas de ejecución académica escolar, abstracción y comprensión, memoria a corto y a largo plazo, cálculo aritmético simple, habilidad verbal y espacial, velocidad simple, tiempo de reacción en decisiones simples y coordinación motora fina. La mayoría de estos estudios han utilizado medidas estandarizadas para detectar cambios sistemáticos y predecibles en la ejecución que pudieran atribuirse a fluctuaciones hormonales. Sin embargo, los resultados de estos estudios adolecen de las siguientes limitaciones: la selección relativamente arbitraria de las tareas cognoscitivas sin considerar los componentes básicos del procesamiento de información humana y al uso de pruebas estandarizadas y diseñadas para medir alteraciones patológicas y que por lo tanto son insensibles a cambios sutiles. La dificultad en la ejecución que manifiestan la mayoría de las mujeres son cambios sutiles difíciles de detectar con pruebas cognoscitivas estandarizadas. Estos cambios sutiles se manifiestan en una sensación subjetiva de mayor dificultad para realizar actividades, enfrentar problemas o situaciones.

Sin embargo, no obstante estas limitaciones, en la ejecución de aquellas tareas claramente dimórficas (habilidad espacial, verbal, coordinación motora fina y tiempo de reacción) así como algunas que requieren de funciones del lóbulo frontal (flexibilidad mental, estrategias de codificación que facilitan el aprendizaje y control de la impulsividad), los resultados muestran consistentemente cambios asociados a las fases del ciclo menstrual, indicando que estas áreas cognoscitivas son sensibles a los cambios hormonales que ocurren durante el ciclo menstrual.

Por otra parte, nosotros hemos observamos que la ansiedad y la depresión son algunos de los estados emocionales que también muestran cambios a lo largo del ciclo y que se reflejan en la actividad EEG durante el ciclo menstrual (Solís y Corsi, en revisión) y que la actividad EEG muestra oscilaciones dependientes del ciclo en la mujer (Solís y cols., 1994), en el ciclo estral de la rata (Corsi y cols., 1992) y que los parámetros de la actividad EEG son bastantes estables en medidas repetidas (Corsi y cols., 1997).

Sin embargo, se han realizado pocas investigaciones sistemáticas donde se evalúan funciones específicas del lóbulo frontal durante las diferentes fases del ciclo menstrual, a pesar de que algunos de los síntomas del síndrome premenstrual como labilidad afectiva, incremento en la distracción, falta de concentración y aturdimiento están muy relacionados con las funciones del lóbulo frontal, así como tampoco investigaciones que evalúen simultáneamente la actividad cerebral.

Por lo anterior y la dificultad implícita para analizar el sustrato neurofisiológico involucrado en la ejecución de tareas cognoscitivas, es necesario utilizar métodos de análisis objetivos, como es el análisis cuantitativo de la actividad electroencefalográfica como la potencia absoluta y relativa y la correlación interhemiférica e intrahemisférica y tareas cognoscitivas que sean susceptibles a cambios hormonales. Estos parámetros de actividad EEG han proporcionado información acerca del grado de activación cortical y sobre la relación funcional entre las diversas áreas corticales y su asociación con diversos estados fisiológicos (Grindel, 1982; Shaw, 1984; Corsi y cols., 1989) y han mostrado ser sensibles a los cambios hormonales que ocurren durante el ciclo menstrual en la mujer (Solís y cols., 1994) y en el ciclo estral de la rata (Corsi y cols., 1992).

Dado que la actividad EEG refleja el estado funcional del cerebro y es sensible a los cambios menstruales, constituye una herramienta útil para investigar el sustrato neural que subyace a los cambios en las funciones cognoscitivas durante el ciclo menstrual

HIPOTESIS

Con base a los antecedentes mencionados, se plantea la hipótesis que durante el ciclo menstrual en la mujer se observará una ejecución deficiente durante la fase lútea en una tarea de "toma de decisiones" que involucra funciones del lóbulo frontal. Esta ejecución deficiente se va a asociar con alteraciones en los parámetros de potencia y de correlación interhemisférica e intrahemisférica de la actividad EEG durante la misma fase del ciclo. Así mismo, se espera confirmar que la ejecución de las habilidades que favorecen a las mujeres mejore en la fase folicular y empeore durante la fase lútea y que la ansiedad y la depresión interfieran con la ejecución de estas tareas.

OBJETIVOS

Por lo tanto, en el presente estudio se plantearon los siguientes objetivos para analizar durante 4 fases del ciclo menstrual en un grupo de mujeres:

- 1). Confirmar las variaciones de los parámetros de potencia absoluta y relativa y de correlación inter e intrahemisférica de la actividad EEG en reposo durante el ciclo menstrual.
- 2). Evaluar la función ejecutiva del lóbulo frontal por medio de la aplicación de la prueba "Wisconsin Card Sorting Test" (Grand y Berg, 1948; Heaton, 1981), con el registro simultáneo de la actividad EEG en la región fronto-central. Esta prueba es una de las pocas pruebas que muestra sensibilidad específica para detectar alteraciones funcionales que involucran al lóbulo frontal e implica "toma de decisiones", proceso que al parecer empeora en la etapa premenstrual, y que no ha sido explorado.
- 3) Establecer la relación entre cambios en la capacidad de toma de decisiones con cambios en la actividad eléctrica cortical.
- 4). Evaluar la ejecución de una tarea de habilidad verbal compleja (fluidez verbal) y una de coordinación motora fina (colocar pequeñas piezas de madera en un tablero) durante las diferentes fases del ciclo para confirmar las variaciones de estas habilidades que favorecen a las mujeres, cuya ejecución eficiente se ha asociado con niveles altos de hormonas gonadales.

- 5). Analizar la ejecución de una tarea de vigilancia continua para discriminar estímulos y el tiempo de reacción por computadora, para confirmar si el deterioro en esta ejecución muestra variaciones a lo largo del ciclo.
- 6). Evaluar los índices de ansiedad y depresión para confirmar si estos estados de ánimo, que se incrementan en la etapa premenstrual tienen un efecto sobre la ejecución de tareas cognoscitivas y si estos cambios se relacionan con la actividad EEG durante el ciclo menstrual.

METODO

a) Sujetos

En el presente estudio participaron 9 mujeres voluntarias diestras sin síntomas premenstruales severos, con un rango de edad entre los 18 y 35 años, con una media de edad de 25.7 años, estudiantes de licenciatura, maestría y técnicas profesionales de laboratorio. Para seleccionar la muestra se utilizó la técnica de "selección de bloques" que es la forma de elección más frecuente que se utiliza en la investigación clínica y fisiológica. Esta técnica consiste en escoger un subconjunto de la población que comparten características de lugar y tiempo. En este caso se escogió a un grupo de mujeres voluntarias que se "tenía más a la mano", lo cual distorsiona en cierta medida la representatividad del universo. Las limitaciones pueden ser reducidas a través del conocimiento, la experiencia y el cuidado en la selección de la muestra y mediante la repetición de estudios de diferentes muestras (Kerlinger, 1988, pag. 135). El tamaño de la muestra utilizado en este estudio fue pequeña, pero las mujeres participantes fueron medidas cuatro veces cada una durante un ciclo menstrual.

Todas las mujeres mostraron ciclos menstruales regulares de 28 ± 2 días y ninguna de ellas se encontraba tomando anticonceptivos orales. Se excluyeron todas aquellas mujeres que hubieran recibido golpes fuertes en la cabeza y/o tuvieran problemas neurológicos, tomaran medicamentos que se conozca que afectan al sistema nervioso central y que tuvieran alteraciones del ciclo sueño-vigilia.

A las mujeres se les informó que participarían en un estudio en el que se iba a evaluar, la habilidad para "hacer cosas" durante un ciclo menstrual completo que abarcaría un total de 4 sesiones al mes y que se les aplicarían varios cuestionarios durante el estudio.

b) Determinación del Ciclo Menstrual

Se ha descrito que el período ovulatorio es bastante constante y que ocurre alrededor del día 14 ± 2 días y que se asocia con un incremento de la temperatura basal después de que ha ocurrido la ovulación (Ferin y col., 1973). Se piensa que este incremento de la temperatura

basal postovulación refleja la acción de la progesterona y se ha interpretado como un índice de ovulación (Bonnar, 1983).

En el presente estudio, con el objeto de determinar el período ovulatorio y a partir de éste, el resto de las etapas del ciclo, se utilizó el método de registro diario de la temperatura basal durante un ciclo menstrual. Las mujeres participantes se midieron la temperatura basal, diariamente antes de levantarse y los datos de la temperatura fueron anotados en una hoja de registro para su análisis posterior.

Las sesiones de registro del ciclo menstrual se seleccionaron de acuerdo con los resultados obtenidos en un estudio previo en el que se observó que las variaciones significativas en la actividad EEG ocurrieron en los días 13-14, fase ovulatoria, 20-21, fase lútea temprana, 24-25, fase lútea tardía y 1-2 fase menstrual (Solís y cols., 1994). Los datos de la temperatura basal obtenidos diariamente y la cuenta regresiva a partir del reporte verbal de que había ocurrido el sangrado menstrual se utilizaron para confirmar las sesiones de registro.

c) Procedimiento

Sesiones.- Se registró la actividad EEG y la ejecución de seis tareas cognoscitivas en 4 sesiones en los días: 1) 13 ó 14, etapa ovulatoria; 2) 20 ó 21, fase lútea temprana; 3) 24 ó 25, fase lútea tardía y 4) 1 ó 2 del comienzo del sangrado, fase menstrual durante un mismo ciclo menstrual. Las mediciones en cada sesión se hicieron de acuerdo a un diseño contrabalanceado, de tal manera que el orden de los registros y de la aplicación de las pruebas se realizaron con secuencias diferentes en cada una de las mujeres participantes. Cada una de las sesiones tuvo una duración aproximada de dos horas en cada sujeto, entre las 10.00 y 13.00 horas.

La primera sesión de registro no fue en la misma etapa del ciclo, sino que se realizó en diferentes etapas, de tal forma que el primer registro de todas las mujeres no coincidiera en la misma etapa. A continuación se describen cada una de las variables registradas:

Cuestionarios

1) Síntomas Premenstruales y Menstruales.- Antes de iniciar el estudio, con el objeto de evaluar que las mujeres que iban a participar en la investigación no presentaran síntomas premenstruales severos, se les aplicó una sola vez el cuestionario de "Síntomas Premenstruales y Menstruales" modificado de Chesney y Tasto (1975). Este cuestionario fue diseñado para detectar síntomas severos, en una escala de nunca, raramente, algunas veces, a menudo y siempre. Aquellas mujeres voluntarias (N=3) que presentaron un porcentaje mayor de síntomas severos fueron excluidas del estudio, debido a que uno de los criterios de inclusión fue evaluar a mujeres con síntomas mínimos de trastornos premenstruales.

2) Depresión.- Antes de iniciar cada una de las cuatro sesiones de registro, a todas las mujeres participantes se les aplicó la escala de Beck y cols. (1961) con el objeto de evaluar la intensidad de síntomas depresivos durante el estudio. Esta escala mide la intensidad de depresión a través de 21 reactivos de síntomas de depresión y cada reactivo consiste en un grupo de cuatro afirmaciones, de las cuales una tiene que ser seleccionada en relación a la forma en que se ha sentido en la última semana. Estas afirmaciones reflejan la severidad del malestar producido por los síntomas depresivos y se califican de 0 (mínimo) a 4 (severo). La puntuación total de la escala se obtiene sumando los 21 reactivos, siendo 0 la mínima puntuación y 64 la máxima a obtener. Se emplean puntos de corte para hacer una categorización de la severidad de la depresión por lo que una puntuación de 0 a 9 refleja la ausencia o presencia mínima de síntomas depresivos; de 10 a 16 indica una depresión media; de 17 a 29 refleja una depresión moderada y puntuaciones de 30 a 64 indican una depresión severa (Beck y Steer, 1993).

Esta escala de depresión ha mostrado ser útil para evaluar la depresión cognoscitiva durante el ciclo menstrual, utilizando 13 aseveraciones de las 21 que contiene el cuestionario, que miden los aspectos cognoscitivos de la depresión, es decir, el darse cuenta de sentirse mal anímicamente, además de la manifestación de síntomas físicos (Kennan, 1992). En el presente estudio, se hizo la evaluación completa con las 21 aseveraciones y posteriormente se separaron las aseveraciones cognoscitivas, con el objeto de verificar si las

mujeres participantes también mostraban depresión cognoscitiva durante las diferentes fases del ciclo menstrual.

3) Ansiedad.- Antes de iniciar cada una de las cuatro sesiones de registro, a todas las participantes se les aplicó el inventario de autoevaluación rasgo-estado de ansiedad, Idare (Speilberger y cols., 1970), en una versión estandarizada para la población mexicana, (Speilberger y cols., 1980), para evaluar el estado de ansiedad durante el estudio. Este inventario mide la ansiedad temporal a través de la escala de estado en el momento de la respuesta por medio de 20 aseveraciones con escalas de "mucho", "bastante", "poco" y "nada en lo absoluto". Un puntaje alto significa un estado de ansiedad alto y un puntaje bajo, ansiedad baja. Este inventario en la escala de estado-ansiedad ha mostrado ser útil para evaluar el estado de ansiedad y su correlación con la actividad EEG durante el ciclo menstrual en la mujer (Solís y Corsi Cabrera, en revisión).

TAREAS COGNOSCITIVAS

En cada una de las sesiones, se aplicó una batería de pruebas para evaluar la realización de tareas cognoscitivas (Tabla 1) con un diseño contrabalanceado. En el presente estudio se aplicaron algunas pruebas, que miden habilidades que en diversos estudios han mostrado fluctuaciones cíclicas durante el ciclo menstrual porque se han asociado con niveles de estrógenos y progesterona y que además han mostrado un dimorfismo sexual en la ejecución, como son la habilidad motora y la fluidez verbal (Hampson, 1990; Hampson y Kimura, 1992). Además, se aplicaron dos pruebas para evaluar tareas que no habían sido utilizadas en estudios del ciclo menstrual: una tarea computarizada de vigilancia continua que ha mostrado ser sensible a ciertos estados fisiológicos como la privación de sueño y que cuenta con la medición del tiempo de reacción (Lorenzo y cols., 1995) y una prueba que mide funciones frontales como la toma de decisiones (Grant y Berg, 1948; Heaton, 1981).

A continuación se describe brevemente cada una de las pruebas aplicadas a las mujeres que participaron en el estudio:

TABLA 1

Tareas Cognoscitivas Realizadas por las Mujeres Participantes y Pruebas Utilizadas para Evaluarlas

Toma de Decisiones	Wisconsin Cart Sorting Test con registro de EEG
Vigilancia Continua	Discriminación de estímulos visuales en PC
Visualización Espacial	Localización de una "X" en un cuadrante.
Fluidez Verbal	Generación de palabras.
Habilidad Motora	Inserción de pijas en un tablero.

Descripción de Tareas:

Tarea de Toma de Decisiones.- Se utilizó la prueba "Wisconsin Card Sorting Test" (Grant y Berg, 1948; Heaton, 1981) para evaluar la toma de decisiones durante el registro de la actividad EEG a través del ciclo menstrual.

Esta prueba requiere que los sujetos descubran el principio o regla para aparear o clasificar cartas. El material estándar consiste en cartas que contienen figuras geométricas que varían en color (rojo, verde, azul o amarillo), figuras (triángulos, estrellas, cruces y círculos) y números (1, 2, 3 ó 4). Se utilizan cuatro cartas de referencia que se muestran en la figura 2 y que son alineadas enfrente del sujeto a través de la ejecución de la prueba. Un paquete de 64 cartas sirven como cartas respuesta. Se instruye al sujeto para que coloque cada carta respuesta enfrente de 1 de las 4 cartas de referencia, donde él piensa que debería de ir. Después de cada respuesta, se le dice al sujeto si la respuesta fue correcta o fue error, pero no donde debía ir la carta. La meta de los sujetos es hacer tantas respuestas correctas como le sea posible. Inicialmente las cartas deben ser clasificadas de acuerdo al color. Cuando la ejecución es exitosa, se cambia la regla para clasificar, por ejemplo: de color cambia a forma y así sucesivamente. El sujeto debe notar el cambio y debe de encontrar la regla que rige a la nueva clasificación. Se obtuvo el número de respuestas correctas, el número de errores perseverativos y no perseverativos en las cuatro fases del ciclo.

Cómo se mencionó anteriormente, esta prueba se aplicó 4 veces, una en cada registro, por lo que fue necesario modificarla ligeramente para evitar un posible aprendizaje. Esta modificación consistió en presentar sólo dos formas de clasificación de cartas en cada sesión de acuerdo a un orden establecido al azar (Tabla 2).

Tarea de Vigilancia Continua.- Se utilizó la tarea de vigilancia (Lorenzo y cols., 1995) para evaluar la atención continua. Esta prueba con una duración de 15 minutos, consiste en discriminar una serie de estímulos visuales (150 en total) presentados uno a la vez en la pantalla de una computadora PC 486, con una duración de 50 mseg. El intervalo entre estímulo fue aleatorio entre 5 y 7 segundos. Los estímulos fueron cuatro patrones diferentes presentados al azar, consistentes en un cuadro blanco con fondo negro (3.7 cm de ancho x 3.3 cm de alto) al cual le falta una de las cuatro esquinas (Fig. 3). Antes de iniciar la tarea al sujeto se le mostraba uno de los cuatro patrones que debía identificar en los patrones

sucesivos. Durante la ejecución de la tarea, el sujeto tenía que apretar la tecla "enter" cada vez que aparecía el patrón seleccionado. La secuencia de aparición de estos patrones siempre fue al azar. Esta prueba midió el tiempo de reacción, el número de aciertos, errores y omisiones.

CARTAS DE RESPUESTAS

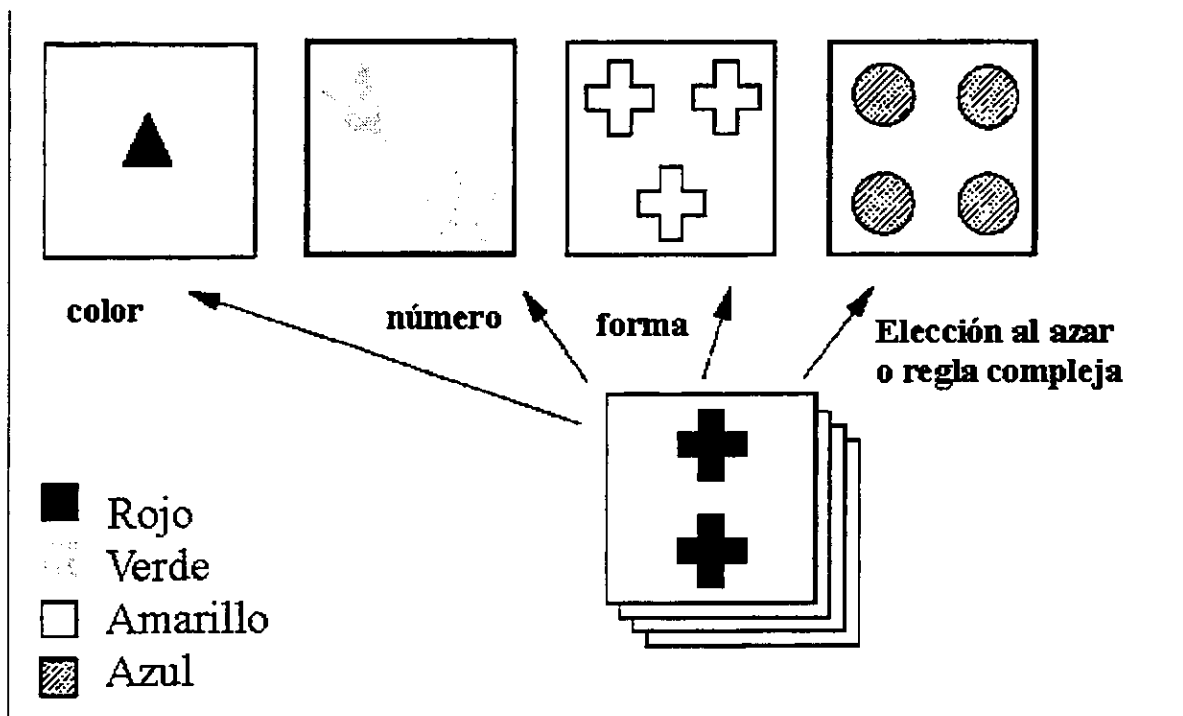


Fig. 1. Material usado en la prueba Wisconsin Card Sorting Test para evaluar la toma de decisiones, adaptado de Milner (1963). Los sujetos deben colocar cada una de las cartas de respuesta debajo de una de las cartas de referencia, entonces el experimentador le dice al sujeto si la elección que hizo es correcta o es error. Con esta información, el sujeto debe descubrir la regla correcta para el sorteo: *color, número o forma*.

TABLA 2

DISTRIBUCIÓN AL AZAR DE LAS SECUENCIAS DE COLOR (C), FORMA (F), NÚMERO (N) EN LA TAREA DE TOMA DE DECISIONES

No. de Sesiones

SUJETOS	1	2	3	4
1	C	C	N	F
2	C	F	C	F
3	C	F	C	F
4	C	F	F	C
5	C	N	N	C
6	F	F	C	F
7	N	N	F	C
8	N	F	F	N
9	N	N	C	F
10	F	C	F	C

Tarea de Vigilancia Continua.- Se utilizó la tarea de vigilancia (Lorenzo y cols., 1995) para evaluar la atención continua. Esta prueba con una duración de 15 minutos, consiste en discriminar una serie de estímulos visuales (150 en total) presentados uno a la vez en la pantalla de una computadora PC 486, con una duración de 50 mseg. El intervalo entre estímulo fue aleatorio entre 5 y 7 segundos. Los estímulos fueron cuatro patrones diferentes presentados al azar, consistentes en un cuadro blanco con fondo negro (3.7 cm de ancho x 3.3 cm de alto) al cual le falta una de las cuatro esquinas (Fig. 2). Antes de iniciar la tarea al sujeto se le mostraba uno de los cuatro patrones que debía identificar en los patrones sucesivos. Durante la ejecución de la tarea, el sujeto tenía que apretar la tecla "enter" cada vez que aparecía el patrón seleccionado. La secuencia de aparición de estos patrones siempre fue al azar. Esta prueba midió el tiempo de reacción, el número de aciertos, errores y omisiones.

Tarea de Visualización Espacial.- Se utilizó una adaptación de la tarea "localización de una X" diseñada por Gordon (1986) para evaluar la capacidad de visualización espacial, dado que esta habilidad ha mostrado variaciones durante el ciclo menstrual (Gordon y cols., 1986). Los estímulos consistieron en una pequeña "x" localizada dentro de un cuadrante negro con fondo blanco. El estímulo fue presentado en diapositiva y era proyectado en la

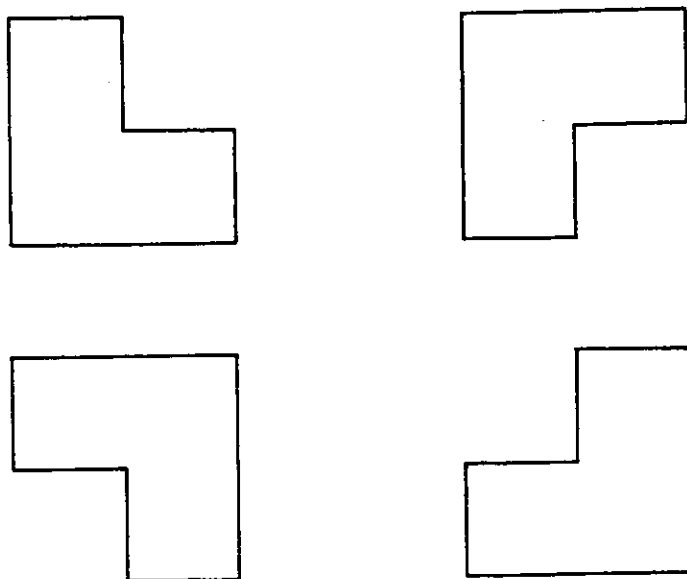


Fig. 2. Estímulos visuales que se emplearon en la tarea de vigilancia continua. Estos fueron cuatro cuadros blancos diferentes de 3.7 cm de ancho por 3.3 cm de alto a los cuales les faltaba una de las cuatro esquinas, presentados uno a la vez.

pantalla durante tres segundos. La tarea consistía en marcar con un lápiz la localización exacta de la "x" en un cuadrante similar en una hoja de respuesta. El total de estímulos fueron 24 arreglados en un orden seudo al azar, contrabalanceados de tal forma que el mismo número de "x" aparecía en cada uno de los cuatro cuadrantes de la hoja. El puntaje fue el total de errores en milímetros acumulados en las dos dimensiones en los 24 ensayos. Un puntaje alto representa una ejecución deficiente (Fig. 3).

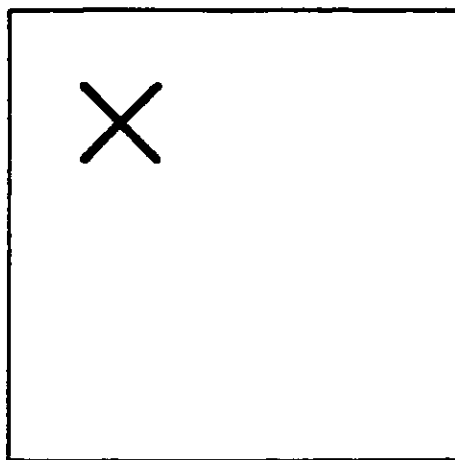


Fig. 3. Cuadrante negro utilizado en la tarea de Visualización Espacial mediante la prueba de Localización de una "X". Hubo un total de 24 "X" distribuidas seudo al azar en los cuatro cuadrantes que forman un cuadro, de tal manera que había seis en cada cuadrante.

Tarea de Fluidez Verbal. Se aplicó una tarea adaptada de la prueba de fluidez oral (Benton, 1968) que ha sido utilizada para medir daño del lóbulo frontal para evaluar la fluidez verbal en las mujeres, la cual ha mostrado una correlación positiva con niveles de FSH durante el ciclo menstrual (Gordon y cols., 1986). Esta tarea consiste en:

Producción de Palabras.- En un diseño contrabalanceado, a las mujeres participantes se les dió 1 minuto para que escribieran tantas palabras como les fuera posible que comenzaran con una letra específica del alfabeto que el experimentador les indicaba. En esta tarea, sólo se permite escribir una forma del número, singular o plural. En cada una de las cuatro sesiones, las letras del alfabeto utilizadas fueron diferentes, y el puntaje fue el número total de palabras generadas en el tiempo indicado.

Tarea de Habilidad Motora.- Se aplicó una adaptación de la prueba de "Purdue Pegboard" para evaluar la velocidad manual y la coordinación motora fina (Tiffin, 1968) que ha mostrado variaciones durante el ciclo menstrual y es una habilidad que ejecutan mejor las mujeres que los hombres (Hampson, 1990). Esta tarea consiste en insertar pequeñas piezas de madera en unos agujeros dentro de un tablero, siguiendo un patrón determinado, tan rápido y exacto como les fuera posible (Fig. 4). El tiempo de ejecución fue medido por medio de un cronómetro. El puntaje fue el tiempo que el sujeto utilizó para colocar todas las piezas y los errores cometidos se consideran cuando el sujeto coloca las piezas de madera en otro agujero que no es el indicado, o bien cuando caen del tablero.

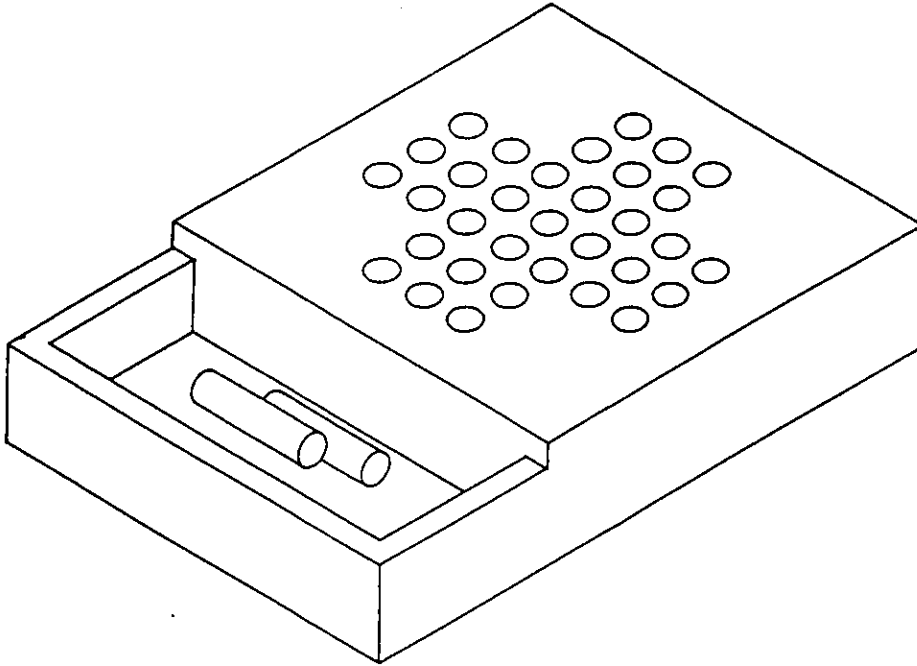


Fig. 4. Material usado en la prueba de habilidad motora fina adaptado de Tiffin (1968). Los sujetos deben colocar las pequeñas pijas de madera en el tablero tan rápido y exacto como sea posible.

REGISTRO DE LA ACTIVIDAD ELECTRICA CORTICAL (EEG)

a) Colocación de los Electrodoos

La actividad eléctrica cortical (EEG) se registró por medio de electrodos colocados en las derivaciones F3, F4, C3, C4, O1, O2, P3 y P4 de acuerdo al Sistema Internacional 10-20 (Jasper, 1958). La impedancia de los electrodos se mantuvo por abajo de 10 Kohms. Posteriormente a la colocación de los electrodos, las mujeres participantes fueron situadas en un cuarto sentadas en una silla y frente a la pantalla de proyección para la presentación de los estímulos. Se les indicó que procuraran no mover los ojos durante el registro en reposo y en la realización de la tarea.

b) Registro y Captura de EEG

La actividad EEG se registró en un polígrafo marca Vitalog portátil de ocho canales con una frecuencia de corte de 1 y 35 Hz. La señal de EEG se registró en estado de reposo con ojos abiertos y cerrados y durante la ejecución de la tareas de "Toma de Decisiones". La captura se hizo en línea por medio de una computadora tipo PC (Fig. 5).

La señal de la actividad EEG fue registrada de acuerdo al siguiente diseño:

- 1). Línea Base con ojos abiertos. EEG continuo, tiempo de 3 minutos.
- 2). Presentación de los estímulos de la tarea de Toma de Decisiones. EEG continuo con tiempo variable. Se señaló el fragmento de EEG al inicio de la presentación de cada estímulo y cuando el sujeto emitió la respuesta.
- 3). Presentación de los estímulos de la tarea de localización de una figura. EEG continuo, tiempo variable. Se señaló el fragmento de EEG al inicio de la presentación de cada estímulo y cuando el sujeto emitió la respuesta.

Las señales de la actividad EEG de las ocho derivaciones registradas (F3, F4, C3, C4, P3, P4, O1 y O2) fueron inspeccionadas fuera de línea por medio de programas para análisis de señales (Guevara, 1995) con la finalidad de obtener 10 épocas de EEG libres de artefactos, para cada derivación en estado de reposo para ambas condiciones y durante la

ejecución de las dos tareas. Cada época tuvo una duración de 2.56 seg (256 puntos) y se utilizó un intervalo de muestreo de 8 mseg. entre un punto y otro (125 Hz).

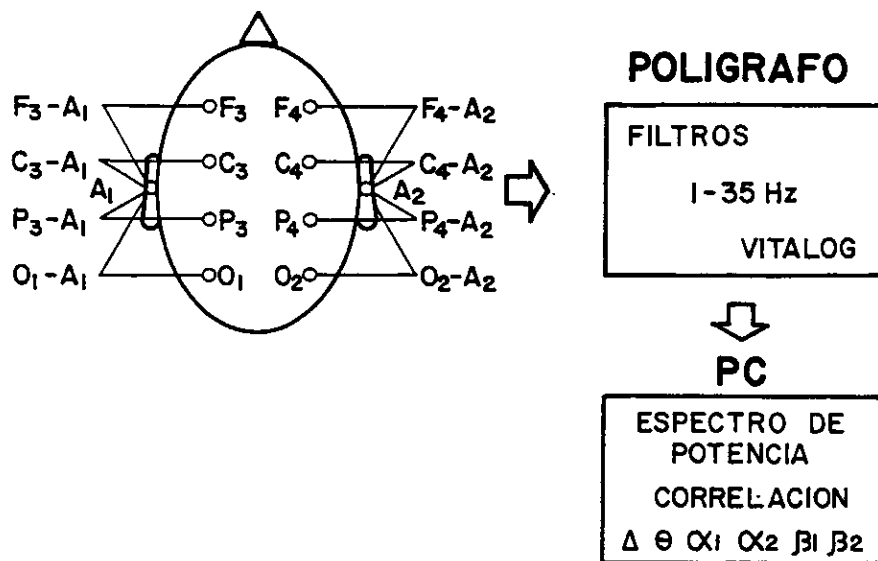


Fig. 5. Diagrama de registro, la captura a través de un polígrafo y el análisis computacional de la señal de EEG.

c) Análisis de la Señal de EEG

Se obtuvieron las Potencias Absoluta (PA) y Relativa (PR), por medio de un análisis de la Transformada Rápida de Fourier (TRF) para cada derivación, tanto en la ejecución de la ejecución de la tarea como en la línea base.

Se filtró la señal y se separaron los diversos componentes de la misma, de acuerdo a su frecuencia en las bandas tradicionales de EEG (John y Cols., 1980; Matousek y Petersén, 1973) como sigue: delta (1.5 a 3.5 Hz), theta (3.5 a 7.5 Hz), alfa1 (7.5 a 9.5 Hz), alfa2 (9.5 a 12.5 Hz), beta1 (12.5 a 17.5 Hz), beta2 (17.5 a 30.0 Hz). (Fig.).

Este análisis dió como resultado los valores de potencia absoluta (Espectro de Potencia) para cada banda de frecuencia. Las potencias relativas, o porcentajes, se obtuvieron dividiendo la potencia de cada banda entre la potencia absoluta del espectro total de la

señal, resultante de la suma de la potencia de todas las frecuencias. La potencia relativa proporcionó un índice del grado en que cada banda particular contribuyó a la señal de EEG registrada en un momento dado.

Además, se calculó el coeficiente de correlación Producto Momento de Pearson entre las señales de EEG de zonas cerebrales homólogas, o Correlación Interhemisférica (CORINTER), (F3-F4, C3-C4, P3-P4 y O1-O2) para todas las bandas de EEG y entre dos zonas de un mismo hemisferio, o Correlación Intrahemisférica (C3-O1, C3-P3, F3-P3, F3-C3, F3-O1, P3-O1, C4-O2, C4-P4, F4-P4, F4-C4, F4-O2, P4-O2 y O1-O2) con el objeto de cuantificar el grado de relación lineal que existe entre pares de señales en base a su forma y fase. Este análisis se realizó para cada banda independiente así como para el espectro total para la línea base con ojos abiertos y para la ejecución de las tareas cognoscitivas.

Todos los análisis se agruparon de acuerdo con el día del ciclo menstrual en que se encontraban las mujeres participantes.

Análisis Estadístico

Se utilizó el análisis de *componentes principales*, que es un método estadístico multivariado, que permite reducir variables, agrupando aquellas que comparten la varianza o covarían juntas y separando aquellas que son ortogonalmente independientes entre sí. Las relaciones entre estas variables se calculan a través de una matriz de correlación de todas contra todas las variables, y a partir de esa matriz se encuentran los componentes principales. Se obtienen vectores de correlación, un vector medio que es la media de los datos y la matriz de covarianza que es una medida de la dispersión de los datos. A través de un arreglo lineal estos vectores se transforman en nuevos vectores (nuevas variables) que son los "componentes principales", de tal forma que el primer componente tenga la máxima varianza y que no este correlacionado con los siguientes componentes principales. Cada vector obtenido se conoce como *vector eigen* y su varianza como *valor eigen*. Las variables analizadas que representan a los componentes fueron los puntajes obtenidos en cada una de las tareas (toma de decisiones, generación de palabras, localización de una "x", localización de una figura empotrada y velocidad manual) y los puntajes de ansiedad y depresión en los cuatro períodos en los que se dividió el ciclo menstrual.

Con este análisis se obtuvieron varios componentes principales que agruparon la ejecución de tareas que mostraron una covariación entre sus valores y que de alguna forma compartían las mismas características distintivas durante los cuatro períodos del ciclo. Se calculó los puntajes de los componentes (component scores), que es el valor que tiene cada sujeto de cada componente, para obtener el valor de las nuevas variables y se utilizaron estos valores para hacer análisis de varianza de un solo factor, con la finalidad de observar si había diferencias entre los valores medios de los componentes en las cuatro etapas del ciclo estudiadas.

Aquellas tareas que se agruparon en un componente pero que no mostró diferencias significativas en el análisis de varianza realizado con los component scores cuando se buscó diferencias en las cuatro etapas del ciclo, fueron sometidas a análisis estadístico con pruebas paramétricas utilizando los valores originales de las tareas. Se utilizó el análisis de varianza de solo factor para comprar las medias obtenidas en la tarea toma de decisiones, habilidad motora y estados de ánimo (ansiedad y depresión) en las cuatro etapas del ciclo. Sin embargo, cuando se observó que la tarea de habilidad motora y el estado de depresión no mostraron diferencias significativas con el análisis de varianza debido probablemente a la variación de los datos entre las etapas del ciclo, pero que había etapas que mostraban cambios relevantes para el estudio, se procedió a utilizar la prueba t de Student con el objeto de comparar la media de una etapa con la media de otra y así sucesivamente, a pesar de que esta prueba se utiliza generalmente para comparar dos grupos y que se pueden obtener diferencias espúreas si se aplica para comparar más de dos grupos.

b) Análisis de la Actividad Electroencefalográfica:

Los valores de Potencia Absoluta (PA) y Relativa (PR), la correlación Interhemisférica e Intrahemisférica de cada muestra de EEG, en cada una de las bandas, fueron normalizados: las potencia absoluta y relativa (PA y PR) se transformaron a logaritmos y los valores de la correlación inter e intra hemisférica se transformaron a puntuaciones Z de Fisher (John, 1980).

Con los valores normalizados, tanto para la PA y PR como para la correlación interhemisférica e intrahemisférica se realizaron análisis de varianza de dos factores para

medidas repetidas (Kirk, 1968) (un factor = derivaciones y otro factor = días del ciclo) uno para cada banda del EEG para la línea base con ojos abiertos y para la ejecución de la tarea "Toma de Decisiones".

Los resultados significativos obtenidos de los análisis de varianza fueron sometidos a una prueba de comparación múltiple, Prueba de Tukey, con el objeto de discriminar cuáles fueron los períodos o derivaciones causantes de las diferencias observadas. Se aceptó como significativo en todos los casos una $p < 0.05$.

RESULTADOS

Fases del Ciclo Menstrual

Todas las mujeres que participaron en el estudio mostraron ciclos regulares de 28 ± 2 días. La temperatura basal promedio de todas las mujeres se incrementó a partir de los días 13-14, la temperatura máxima se registró durante la fase lútea, en los días 20-21 y 24 y 25 del ciclo y se redujo en la menstruación (días 1-2) (Fig. 6). Este incremento máximo de la temperatura basal en la fase lútea es considerado como un índice de ovulación debido a que está asociada con la liberación de progesterona por el cuerpo lúteo (Bonnar, 1983), lo que permite inferir que las mujeres que participaron tuvieron ciclos ovulatorios.

Síntomas Premenstruales y Menstruales

El cuestionario de Síntomas Premenstruales y Menstruales (Chesney y Tasto, 1975) mostró que las mujeres que participaron no presentaron síntomas severos de trastornos premenstruales. Por lo tanto, se consideró que estas mujeres sólo presentaron trastornos mínimos y fueron idóneas para participar en el estudio.

Para facilitar la lectura de los resultados, primero se presenta un resumen general de los resultados significativos, seguido de la descripción de todos los detalles de la estadística en cuatro secciones:

Sección 1.- En esta sección se describe la ejecución de las tareas y estados de ánimo durante los diferentes días del ciclo menstrual.

Sección 2.- En esta sección se describe, por una parte, la actividad EEG registrada en la línea base (registro en reposo) y por otra parte, la actividad EEG registrada durante la ejecución de la tarea "Toma de Decisiones" en función de las fases del ciclo.

Sección 3.- En esta sección se describe la actividad EEG de la línea base comparada con la actividad EEG registrada durante la ejecución de la tarea "Toma de Decisiones" en cada etapa del ciclo por separado, mostrando las bandas de frecuencia.

Sección 4.- En esta sección se describe una apreciación integral de los resultados entre la ejecución de las tareas y la actividad EEG tanto de la línea base como durante la ejecución de la tarea toma de decisiones.

TEMPERATURA BASAL

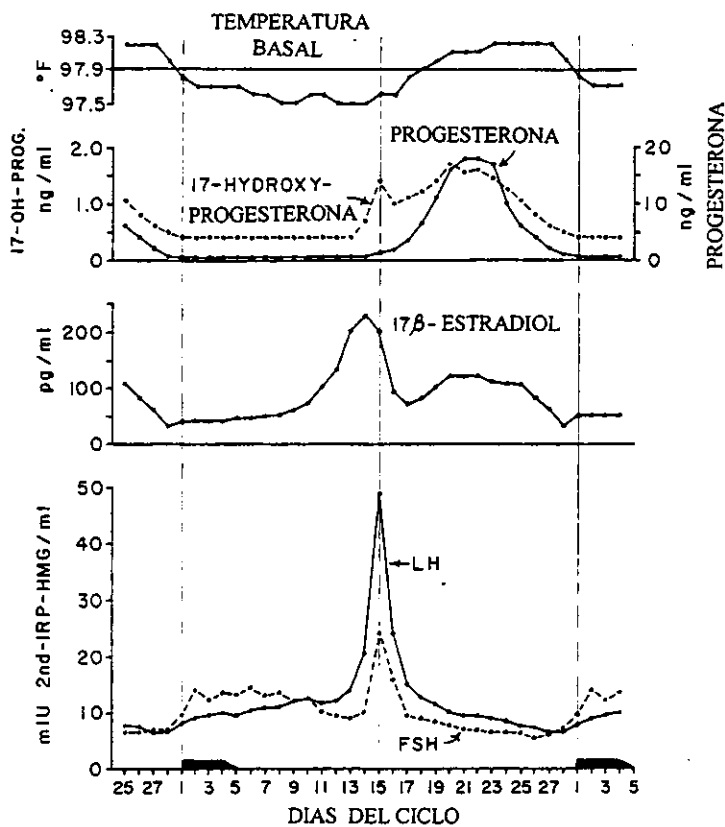
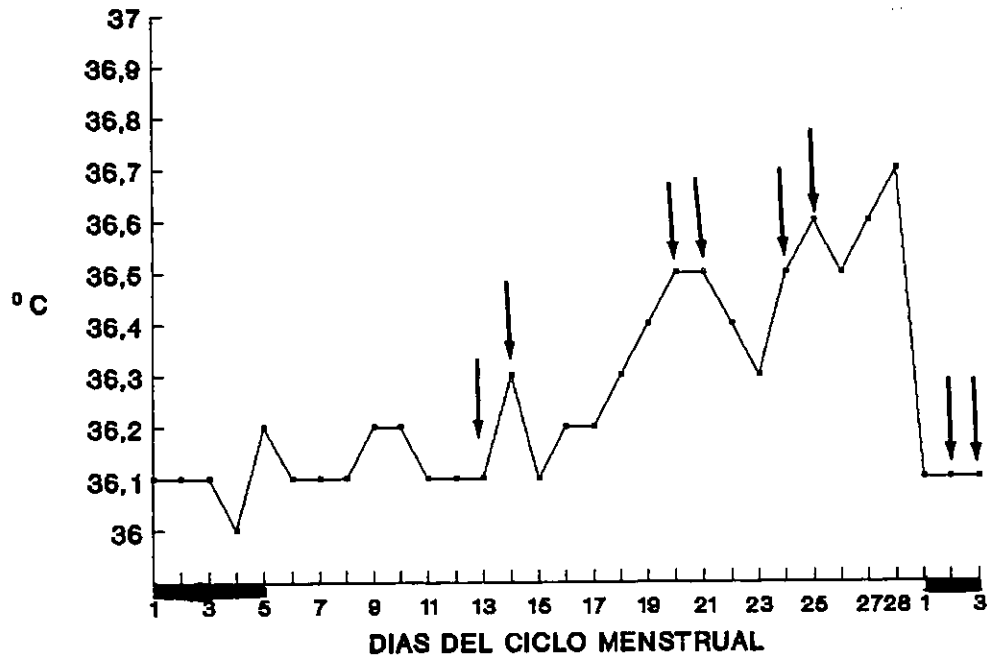


Fig. 6. Temperatura basal (C°) promedio registrada diariamente a lo largo del ciclo menstrual. La temperatura se incrementó a partir del día 14 hasta alcanzar un máximo en los días 24-25 del ciclo. Las flechas indican los días en los que se realizaron las pruebas para evaluar las tareas cognitivas y los registros de EEG. La gráfica inferior que muestra los niveles de estrógenos y de progesterona durante el ciclo menstrual fue tomada y modificada de Midgley y cols. (1973), donde se compara la temperatura basal con los niveles de progesterona.

Resumen General de los Resultados Significativos

1) Ejecución de Tareas Cognoscitivas

a) En la etapa ovulatoria (días 13-14) empeoró la ejecución de la tarea de vigilancia continua y fue menor la fluidez verbal mientras que fue mejor la ejecución de las tareas de localización de una "x", coordinación motora y toma de decisiones. La depresión fue menor durante esta etapa.

b) En la fase lútea temprana (días 20-21) mejoró la vigilancia y la fluidez verbal, empezó a empeorarse la localización de una "x", a lentificarse la coordinación motora, se incrementó la depresión y disminuyó el número de ensayos necesarios para lograr acertar a una secuencia en la toma de decisiones.

c) En la fase lútea tardía (días 24-25) mejoró la ejecución de la vigilancia con mayor número de aciertos pero el tiempo de reacción fue lento así como la coordinación motora; la fluidez verbal fue mejor, mientras que empeoró la localización de una "x" debido a un incremento en la distancia en mm y la toma de decisiones debido a que se incrementó el número de ensayos acertados para lograr realizar una secuencia que conduce al éxito y la depresión disminuyó.

d) En la fase menstrual (días 1-2) continuó la mejoría en la ejecución de la vigilancia pero en esta fase el tiempo de reacción fue mejor así como la coordinación motora, la localización de una "x" y la toma de decisiones mientras que disminuyó la fluidez verbal y la depresión.

2) Actividad EEG Durante la Línea Base

a) La fase ovulatoria (días 13-14) se caracterizó por una mayor proporción de delta y menor proporción de theta y por mayor correlación interhemisférica de alfa 2 y por una potencia absoluta mayor de alfa 1 y alfa 2 y menor de beta 1.

b) La fase lútea temprana (días 20-21) se caracterizó por una menor PA de alfa 1 y alfa 2 y mayor de beta 1; por una mayor proporción de theta y beta 1 y menor de delta, y por una correlación interhemisférica menor de alfa 2.

c) La fase lútea tardía (días 24-25) se caracterizó por una PA mayor de alfa 1 y alfa 2 y menor de beta 1; por una proporción mayor de delta y menor de theta y por una correlación interhemisférica mayor de alfa 2.

d) La fase menstrual (días 1-2) se caracterizó por una PA mayor de alfa 1 y alfa 2; por una proporción mayor de theta y menor de delta y por mayor correlación interhemisférica de alfa 2.

3) Actividad EEG durante la ejecución de la tarea Toma de Decisiones en función de las fases del ciclo

a) En la etapa ovulatoria (días 13-14), se observó mayor PA de las bandas de theta, alfa 1, alfa 2 y beta 2 y de correlación interhemisférica de theta y alfa 2 y menor PR de alfa 1 durante la ejecución de la tarea "toma de decisiones".

b) En la fase lútea temprana (días 20-21) se observó menor PA de theta y de beta 2, mayor PR de alfa 1 y beta 1 durante la ejecución de la tarea "toma de decisiones"

c) En la fase lútea tardía (24-25) se observó menor PA de theta, alfa 1, alfa 2 y beta 2, menor PR de alfa 1 y beta 2 y menor correlación interhemisférica de theta y alfa 2.

d) En la fase menstrual (días 1-2) se observó mayor PA de theta, alfa 2, beta 1 y beta 2 durante la ejecución de la tarea "toma de decisiones".

4) La actividad EEG durante la ejecución de la tarea *toma de decisiones* comparada con la actividad registrada en la línea base se caracterizó por:

a) En la fase ovulatoria (días 13-14), por un incremento de la PA de delta y theta y PR de delta, por un decremento de la PA y PR de alfa 1 y alfa 2.

b) En la fase lútea temprana (días 20-21), por un incremento de la PR de delta y por un decremento de la PR de alfa 2 y beta 2. Estos cambios se asociaron con la mejor ejecución en esta tarea.

c) En la fase lútea tardía (días 24-25), por un incremento de la PA, PR y de la correlación interhemisférica de delta y por un decremento de la PA y PR de alfa 1, alfa 2, beta 1 y beta 2. Estos cambios se asociaron con la peor ejecución en esta tarea.

d) En la fase menstrual (días 1-2), por un incremento de la PA y PR de delta, por un decremento de la PA, PR y de la correlación interhemisférica de alfa 1, alfa 2 y beta 1.

Sección 1:

A continuación se describen los resultados significativos obtenidos en el análisis de componentes principales, en los análisis de varianza y en la prueba t de Student tanto para la ejecución de las tareas como para los estados de ánimo. Los resultados estadísticos de dichos análisis se encuentran en las tablas de niveles de significancia.

a). Ejecución de Tareas Cognoscitivas

El resultado del análisis de componentes principales realizado para todas las tareas cognoscitivas de toma de decisiones, figuras empotradas, motora fina, fluidez verbal, atención continua, habilidad espacial, y para los estados de ansiedad y depresión, mostró cinco componentes que explicaron el 68.31 % del total de la varianza (Tabla 3) indicando la existencia de variables que covarían juntas y otras que covarían de manera independiente:

El primer componente estuvo formado por la tarea de vigilancia, el segundo por la prueba de figuras empotradas, el tercero por la depresión, el cuarto por la tarea de toma de decisiones y el quinto por las tareas de fluidez verbal y de localización espacial.

El análisis de varianza realizado con los puntajes de las nuevas variables calculadas de los cinco componentes, para buscar diferencias durante las cuatro etapas del ciclo menstrual mostró diferencias significativas para el componente 1 ($F = 3.37$, $p = 0.03$) y para el componente 5 ($F = 6.13$, $p = 0.003$). El resto de los componentes no fueron significativos durante el ciclo menstrual. El componente 1 que explicó el 17.67 % de la varianza total estuvo formado por los diferentes parámetros que mide la tarea de vigilancia: aciertos, errores, omisiones y por el tiempo de reacción. El componente 5 que explicó el 12.03 % de la varianza total, estuvo formado por la tarea de fluidez verbal para la generación de palabras y por la tarea de localización espacial, lo cual indica que la ejecución de estas tareas covaría de manera dependiente durante el ciclo menstrual.

A continuación se describe el resultado de los diferentes parámetros que se miden en la ejecución de la tarea de vigilancia que quedaron agrupados en el componente 1:

Se observó que durante los días 13-14 (etapa ovulatoria) menor número de aciertos, mayor número de errores, omisiones y de tiempo de reacción; durante los días 20-21 (fase lútea temprana) se incrementaron los aciertos y disminuyeron los errores, omisiones y el tiempo de reacción; durante los días 24-25 (fase lútea tardía) se mantuvo el incremento de

TABLA 3

RESULTADOS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES PARA LAS TAREAS COGNOSCITIVAS DURANTE EL CICLO MENSTRUAL

Tareas Cognoscitivas	Componente 1	Componente 2	Componente 3	Componente 4	Componente 5
Ansiedad	-0.367	-0.046	0.522	-0.467	-0.191
Depresión Total	0.154	0.066	0.931	0.030	0.156
Depresión Cognoscitiva	0.154	0.047	0.922	0.052	0.205
T. Decisiones Aciertos	0.173	-0.063	0.002	-0.796	0.127
T. Decisiones Error Perseverat.	0.088	-0.286	0.208	0.834	-0.086
T. Decisiones Error no Persev.	-0.150	0.077	-0.097	0.751	-0.007
T. Decisiones Respues. Unicas	0.009	-0.472	0.322	-0.013	0.369
Motora Tiempo	-0.281	0.495	0.003	-0.064	0.119
Motora Error	-0.117	0.370	-0.070	0.048	-0.468
Fluidez V. Pal.	-0.011	-0.247	0.061	0.058	-0.819
Fluidez V. Cat.	-0.183	-0.124	-0.138	0.285	-0.600
Vigilancia Aciertos	0.880	0.030	-0.169	0.025	0.095
Vigilancia Error	0.894	0.192	0.005	-0.030	0.066
Vigilancia T.Reacción	0.545	-0.257	0.118	-0.189	0.217
Vigilancia Omisiones	0.947	0.014	0.002	-0.105	0.035
Localización	-0.101	0.089	0.200	0.086	0.733
Figuras E Acier	-0.145	-0.865	-0.081	0.020	-0.148
Figuras E Error	0.130	0.877	0.116	0.002	0.133
Varianza Exp	17.69	13.39	12.63	12.57	12.03
Varianza Acu	17.69	31.08	43.71	56.28	68.31
Valor de F	3.37	1.76	1.67	1.43	6.13
Nivel de Significancia	0.034 *	0.180	0.200	0.259	0.003 *

* $p < 0.05$

los aciertos y la disminución de los errores y omisiones pero el tiempo de reacción se hizo más lento; durante los días 1-2 de la menstruación la ejecución muestra una ligera mejoría 20-21 (Fig. 7). En resumen, la peor ejecución en la tarea de vigilancia se observó durante la

etapa ovulatoria y la mejor ejecución durante la fase lútea temprana. Durante la etapa lútea tardía se observó una buena ejecución pero con el tiempo de reacción lento.

TAREA DE VIGILANCIA

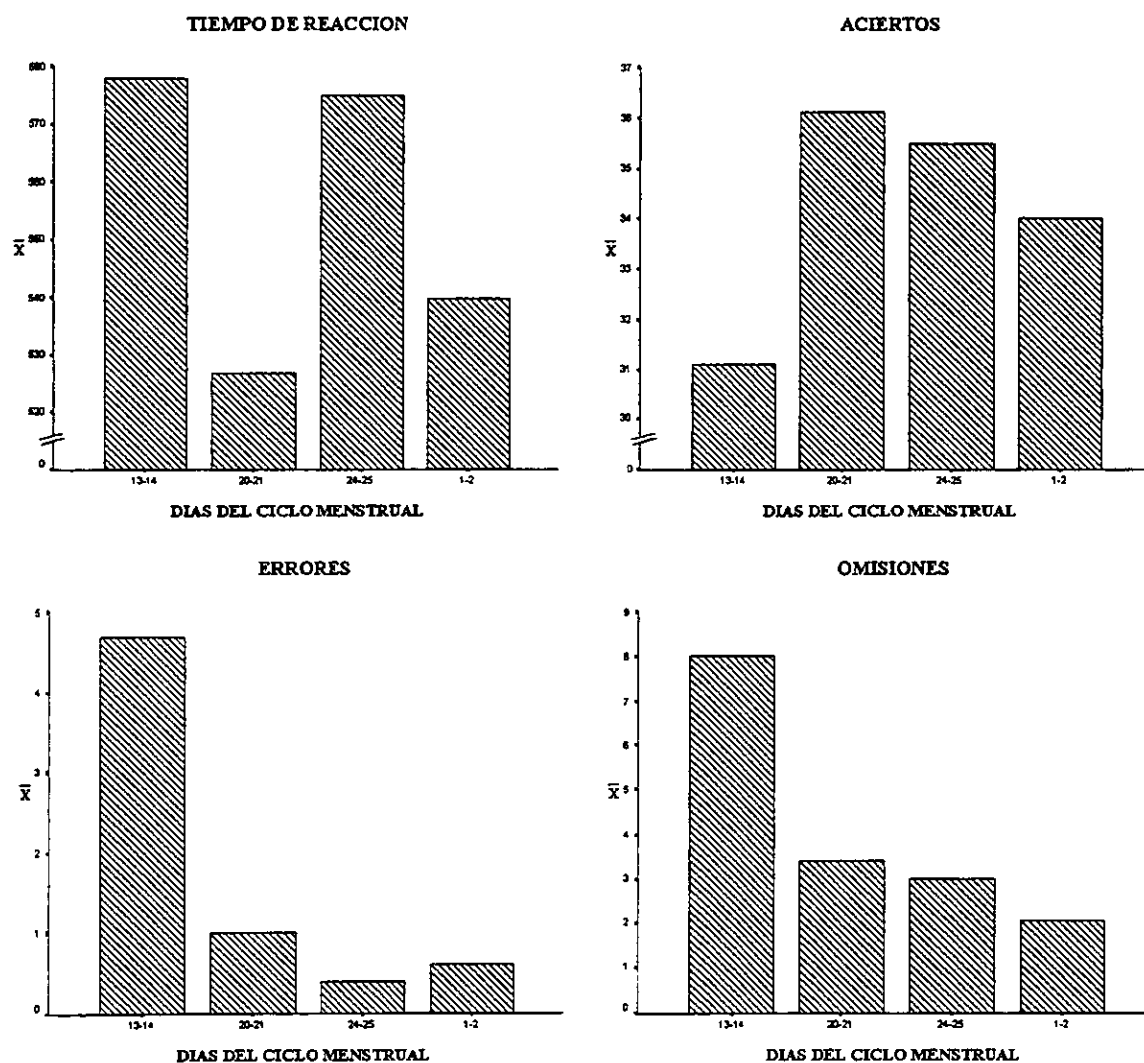


Fig. 7. Tiempo de reacción, número de aciertos, número de errores y número de omisiones obtenidos en la tarea de vigilancia continua durante los días 13-14 (etapa ovulatoria), 20-21 (fase lútea temprana), 24-25 (fase lútea tardía) y 1-2 (fase menstrual) del ciclo menstrual. Nótese que la mejor ejecución fue en la fase lútea temprana y la peor en la etapa ovulatoria. El tiempo de reacción fue lento en la fase lútea tardía con buena ejecución.

El componente 5 explicó el 12.03 % de la varianza total, y estuvo formado por las tareas de localización de una "x" y por la fluidez verbal, indicando que la ejecución de estas tareas covarían de manera dependiente durante el ciclo menstrual:

Se observó que durante los días 13-14 (fase ovulatoria) la localización de una "x" fue mejor y la fluidez verbal fue peor; durante los días 20-21 se mantuvo la misma ejecución; durante los días 24-25 la localización de una "x" fue peor y la fluidez verbal mejor; y durante la menstruación mejoró un poco la localización de una "x" y disminuyó la fluidez verbal (Fig. 8).

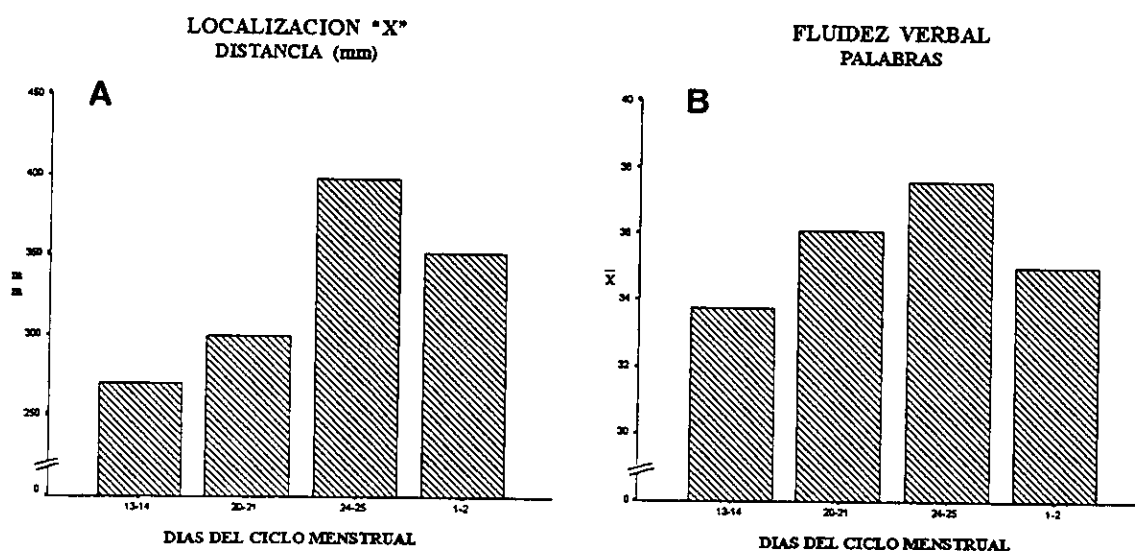


Fig. 8. Ejecución de las tareas que se agruparon en el componente 5. En la parte A se muestra el promedio de la distancia en mm que emplearon las mujeres participantes entre el patrón presentado y el trazado por ellas en la tarea de localización de una X, un puntaje mayor indica peor ejecución. En la parte B se muestra el promedio de palabras generadas en un minuto durante los días 13-14 (etapa ovulatoria), 20-21 (fase lútea temprana), 24-25 (fase lútea tardía) y 1-2 (fase menstrual) del ciclo menstrual.

La ejecución de las tareas motora, toma de decisiones, figuras empotradas y estados de ansiedad y depresión no formaron parte de los componentes principales cuyos puntajes resultaron significativos cuando se buscó diferencias durante las cuatro etapas del ciclo menstrual, debidos probablemente a la variación de los datos. Sin embargo, la comparación entre las medias de los puntajes obtenidos en la ejecución con el análisis de varianza y con la prueba t de Student mostraron las siguientes significancias y tendencias :

Tarea "Toma de Decisiones":

En la tarea toma de decisiones (Wisconsin Card Sorting Test) se observó la mejor ejecución exitosa en los días 20-21, debido al menor número de ensayos correctos que condujeron al éxito (lograr realizar una secuencia rápidamente con pocos ensayos), mientras que la peor ejecución se observó en los días 24-25 debido a que estos ensayos se incrementaron significativamente, lo cual indicó una mayor dificultad en la tarea (Fig. 10). La mejor ejecución durante los días 20-21 se acompañó por un decremento de errores perseverativos en los ensayos que condujeron a lograr una secuencia, aunque estos no fueron significativos. Durante los días 13-14 aunque hubo un mayor número de ensayos correctos que condujeron a lograr una secuencia, estos se acompañaron de mayor número de errores perseverativos, aunque estos no fueron significativos (Tabla 4).

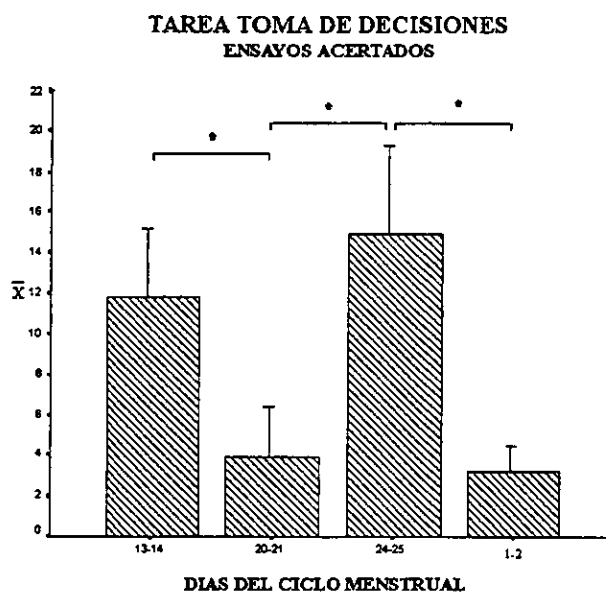


Fig. 9. Promedio de ensayos acertados y error estándar que indican la dificultad de la tarea Toma de Decisiones durante los días 13-14 (etapa ovulatoria), 20-21 (fase lútea temprana), 24-25 (fase lútea tardía) y 1-2 (fase menstrual) del ciclo menstrual. Los asteriscos sobre las líneas indican los periodos que mostraron diferencias significativas entre sí ($p < 0.05$).

En cambio, se observó que la peor ejecución no exitosa, medida por los ensayos correctos que no condujeron al éxito (no lograron realizar una secuencia) no mostraron diferencias significativas durante el ciclo. Sin embargo, se observó que estas respuestas correctas

tendieron a incrementarse en los días 20-21 y en los días 1-2 de la menstruación comparado con los días 13-14 donde fueron menores. Esta ejecución no exitosa se acompañó por una tendencia no significativa a incrementar los errores no perseverativos y los errores perseverativos durante el ciclo (Tabla 4).

TABLA 4

NIVELES DE SIGNIFICANCIA EN LOS ANALISIS DE VARIANZA EN LA EJECUCIÓN DE LA TAREA DE TOMA DE DECISIONES DURANTE EL CICLO MENSTRUAL

EJECUCIÓN EXITOSA	Valores de F	p
Aciertos	3.90	0.02 *
Errores Perseverativos	0.29	0.830
Errores No Perseverativos	1.24	0.317
EJECUCIÓN NO EXITOSA		
Aciertos	1.45	0.252
Errores Perseverativos	0.46	0.718
Errores No Perseverativos	1.26	0.309

* $p < 0.05$

Tarea de Habilidad Motora Fina

En los días 13-14, se observó que la ejecución motora fina fue mejor, medida por el menor tiempo y menor número de errores, y durante los días 24-25 empeoró significativamente ($p < 0.03$) debido a que se incrementó el tiempo empleado por las mujeres participantes para realizar la tarea comparada con los días 13-14 y el número de errores comparada con los días 20-21 (Fig. 10).

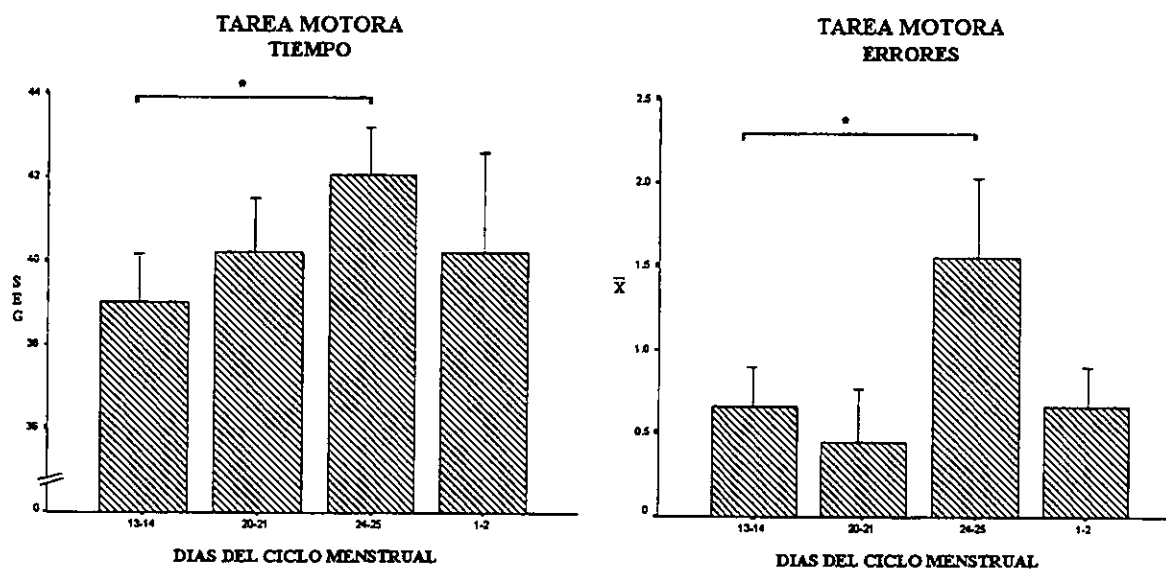


Fig. 10. En la gráfica A se muestra el tiempo (promedio \pm E.E) en segundos, empleado por las mujeres participantes en la tarea de habilidad motora fina, y en la gráfica B se muestra el número de errores (promedio \pm E.E) que cometieron las mujeres en la ejecución durante los días 13-14 (etapa ovulatoria), 20-21 (fase lútea temprana), 24-25 (fase lútea tardía) y 1-2 (fase menstrual) del ciclo menstrual. Los asteriscos sobre las líneas indican los períodos que mostraron diferencias significativas entre sí ($p < 0.05$).

b). Estados de Animo

Depresión.- El índice de depresión cognoscitiva que considera sólo trece de las 21 aseveraciones que contiene el cuestionario fue significativamente mayor ($p < 0.01$) en los días 20-21 y menor en los días 1-2 de la menstruación (Fig. 11). Este índice fue semejante al obtenido con la calificación de las 21 aseveraciones que contiene el cuestionario (no se muestran los resultados).

Ansiedad.- El estado de ansiedad no mostró diferencias significativas a lo largo del ciclo menstrual debido posiblemente a la variabilidad de los datos. Sin embargo, se observó que el estado de ansiedad tendió a incrementarse en los días 20-21 y a decrementarse durante la menstruación, días 1-2 (no se muestran los resultados).

DEPRESION

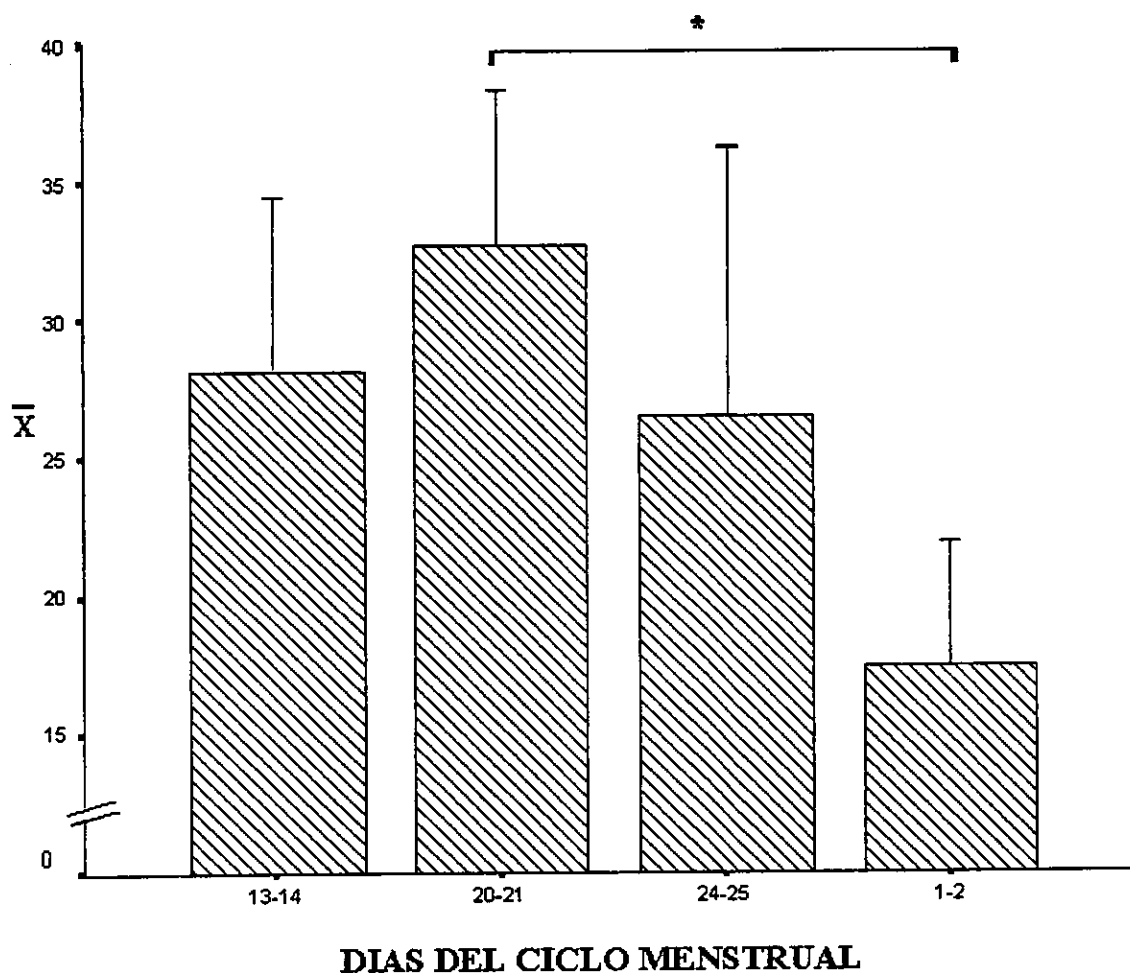


Fig. 11. Promedio y error estándar en el índice de depresión cognoscitiva obtenido con la escala de Beck durante los días 13-14 (etapa ovulatoria), 20-21 (fase lútea temprana), 24-25 (fase lútea tardía) y 1-2 (fase menstrual) del ciclo menstrual. Los asteriscos sobre las líneas indican los periodos que mostraron diferencias significativas entre sí ($p < 0.05$).

Resumen de Ejecución de Tareas

- *La fase ovulatoria* (días 13-14) se acompañó por un empeoramiento en la vigilancia continua y en la fluidez verbal, y por una ejecución mejor en las tareas motora y localización espacial.

- *La fase lútea temprana* (días 20-21) se acompañó por un mejoramiento en la vigilancia continua, buena ejecución motora y verbal, y por una menor dificultad para la búsqueda de soluciones exitosas y por un empeoramiento en la búsqueda de soluciones que no conducen al éxito.
- *La fase lútea tardía* (días 24-25) se acompañó por una mejoría de la fluidez verbal, por una buena vigilancia continua pero con un tiempo de reacción lento y por un empeoramiento de la habilidad motora, localización espacial y por una dificultad mayor en la búsqueda de soluciones que conducen al éxito en la tarea de toma de decisiones.
- *La menstruación* se acompañó por una ligera mejoría en la vigilancia continua, en la localización espacial, tarea motora, y por un ligero empeoramiento de la fluidez verbal y por una dificultad menor en la búsqueda de soluciones exitosas.

Sección 2

A continuación se describen los resultados significativos obtenidos con los análisis de varianza tanto para la actividad EEG durante la línea base como durante la ejecución de las tareas cognoscitivas.

A) Actividad EEG Durante la Línea Base

Las diferencias significativas para el factor derivaciones no se describirán porque no es el objetivo de este trabajo y las diferencias entre las derivaciones son bien conocidas. Solamente se describirán las interacciones significativas entre derivaciones y días del ciclo.

A continuación se describen los resultados obtenidos de los análisis de varianza cuando el factor principal fue significativo durante la línea base con ojos abiertos y la ejecución de las tareas. Los resultados estadísticos de dichos análisis se encuentran en las tablas de los niveles de significancia. Al describir los resultados observados en ambas situaciones se presentan los resultados de las comparaciones entre medias con la prueba de Tukey cuando el factor principal fue significativo.

En las gráficas siguientes, se representan en las figuras los valores promedio durante la línea base en los días 13-14 (etapa ovulatoria), días 20-21 (fase lútea temprana), días 24-25 (fase lútea tardía) y durante los días 1-2 de la menstruación. Con líneas horizontales se indican los períodos que mostraron diferencias significativas en la comparación múltiple entre las medias de todos los períodos con la prueba de Tukey (* $p < 0.05$ y ** $p < 0.01$).

a) Potencia Absoluta

Factor: Días del Ciclo Menstrual

Los análisis de varianza realizados durante la línea base para cada una de las bandas, mostraron diferencias significativas entre los días del ciclo solamente para las bandas de alfa 1, alfa 2 y beta 1.

Las bandas de delta, theta y beta 2 no mostraron cambios significativos durante la línea base a lo largo del ciclo menstrual, lo cual sugiere que estas bandas, en la condición de ojos abiertos, son estables y por lo tanto no son sensibles a los cambios hormonales que ocurren durante el ciclo menstrual.

Factor: Derivaciones

TABLA 5

NIVELES DE SIGNIFICANCIA DE LOS ANALISIS DE VARIANZA DE LA POTENCIA ABSOLUTA Y RELATIVA Y CORRELACIÓN INTERHEMISFERICA E INTRAHEMISFERICA PARA CADA BANDA DE EEG DURANTE LA "LINEA BASE"

Factores		A Derivaciones gl=		B Dias del ciclo gl=		AxB Interacción gl=	
	Bandas	F	p	F	p	F	p
Potencia Absoluta	Delta	2.87	0.038 *	1.46	0.229	0.08	1.000
	Theta	8.44	<0.001 *	1.79	0.151	0.54	0.842
	Alfa 1	3.85	0.001 *	5.37	0.006 *	0.14	0.998
	Alfa 2	8.95	<0.001 *	5.37	0.006 *	0.08	1.000
	Beta 1	2.52	0.060	3.91	0.021 *	0.47	0.893
	Beta 2	4.24	0.007 *	1.85	0.140	0.14	0.953
Potencia Relativa	Delta	0.38	0.772	5.40	0.002 *	0.01	1.000
	Theta	1.03	0.383	3.14	0.027 *	0.31	0.970
	Alfa 1	2.14	0.097	2.35	0.075	0.31	0.969
	Alfa 2	10.4	<0.001 *	1.77	0.154	0.13	0.998
	Beta 1	5.82	0.001 *	3.39	0.020 *	0.97	0.531
	Beta 2	6.17	<0.001 *	2.27	0.082	0.45	0.905
Corinter	Delta	3.82	0.053	1.44	0.241	0.38	0.771
	Theta	40.27	<0.001 *	0.56	0.650	0.36	0.787
	Alfa 1	193.94	<0.001 *	0.83	0.513	0.62	0.611
	Alfa 2	191.69	<0.001 *	2.63	0.051 *	3.18	0.030*
	Beta 1	133.66	<0.001 *	0.19	0.900	0.23	0.878
	Beta 2	157.27	<0.001 *	0.34	0.802	0.48	0.700
	Total	150.42	<0.001 *	0.36	0.782	0.58	0.638
Corintra	Delta	1.44	0.233	0.86	0.529	1.06	0.366
	Theta	42.63	<0.001 *	0.92	0.559	0.15	0.932
	Alfa 1	131.87	<0.001 *	0.54	0.659	0.49	0.697
	Alfa 2	85.31	<0.001 *	1.58	0.202	0.53	0.665
	Beta 1	109.64	<0.001 *	0.10	0.957	0.30	0.824
	Beta 2	88.42	<0.001 *	0.24	0.871	0.35	0.789
	Total	83.47	<0.001 *	0.31	0.822	0.21	0.891

* p < 0.05

TABLA 6

RESULTADOS DE LAS COMPARACIONES MÚLTIPLES ENTRE LAS MEDIAS DE LA POTENCIA ABSOLUTA Y RELATIVA Y CORRELACIÓN INTERHEMISFERICA DE LOS DIFERENTES DÍAS DEL CICLO MENSTRUAL PARA CADA BANDA DEL EEG DURANTE LA LINEA BASE.

POTENCIA ABSOLUTA

BANDAS

DIAS	DELTA	THETA	ALFA 1	ALFA 2	BETA 1	BETA 2
> <						
13-14 vs 20-21	-----	-----	**	-----	-----	-----
24-25 vs 20-21	-----	-----	**	*	-----	-----
1-2 vs 20-21	-----	-----	**	**	-----	-----
1-2 vs 13-14	-----	-----	-----	*	-----	-----
20-21 vs 13-14	-----	-----	-----	-----	**	-----
20-21 vs 24-25	-----	-----	-----	-----	*	-----
20-21 vs 1-2	-----	-----	-----	-----	*	-----

POTENCIA RELATIVA

DIAS	DELTA	THETA	ALFA 1	ALFA 2	BETA 1	BETA 2
> <						
13-14 vs 1-2	**	-----	-----	-----	-----	-----
13-14 vs 20-21	**	-----	-----	-----	-----	-----
24-25 vs 1-2	**	-----	-----	-----	-----	-----
24-25 vs 20-21	**	-----	-----	-----	-----	-----
20-21 vs 1-2	**	-----	**	-----	-----	-----
20-21 vs 13-14	-----	**	**	-----	-----	-----
20-21 vs 24-25	-----	*	**	-----	-----	-----
1-2 vs 13-14	-----	**	-----	-----	-----	-----
1-2 vs 24-25	-----	**	-----	-----	-----	-----

CORRELACION INTERHEMISFERICA

DIAS	DELTA	THETA	ALFA 1	ALFA 2	BETA 1	BETA 2
> <						
13-14 vs 20-21	-----	-----	-----	**	-----	-----
1-2 vs 20-21	-----	-----	-----	**	-----	-----
1-2 vs 24-25	-----	-----	-----	**	-----	-----

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$

El factor A (Derivaciones) mostró diferencias significativas para las bandas de delta, theta, alfa 1, alfa 2 y beta 2 (Tabla 5).

Interacción

No hubo interacción entre el factor Ax B (Derivaciones x días del ciclo) en ninguna de las bandas (Tabla 5).

La PA de las bandas de alfa 1 y alfa 2 fue menor durante los días 20-21 y mayor durante los días 24-25 y 1-2 de la menstruación, mientras que la PA de beta 1 fue mayor durante los días 20-21 y menor en los días 24-25 y 1-2 del ciclo menstrual (Fig. 12).

b) Potencia Relativa

En las gráficas siguientes se representa la potencia relativa (%) con que contribuyó cada una de las bandas del EEG a la potencia total durante la línea base durante las diferentes fases del ciclo menstrual.

Factor: Días del ciclo menstrual

El análisis de varianza realizado para cada una de las bandas mostró diferencias significativas entre los días del ciclo menstrual durante la línea base para las bandas de delta, theta, alfa 1 y beta 1 (Tabla 5). La comparación entre las medias de todos los períodos con la prueba de Tukey puede verse en la Tabla 6.

Factor: Derivaciones

El factor Derivaciones mostró diferencias significativas solamente para las bandas de alfa 2, beta 1 y beta 2 (Tabla 5).

Interacción:

No hubo interacción entre los factores Ax B (derivaciones x días del ciclo menstrual) en ningunas de las bandas (Tabla 5).

La PR de la banda de delta fue menor en los días 20-21 y 1-2 de la menstruación y mayor en los días 13-14 y 24-25, mientras que la banda de theta fue mayor en los días 20-21 y 1-2 de la menstruación, y menor en los días 24-25, y la banda de beta 1 fue mayor en los días 20-21 y menor en los días 24-25 y 1-2 de la menstruación (Fig. 13).

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

POTENCIA ABSOLUTA LINEA BASE

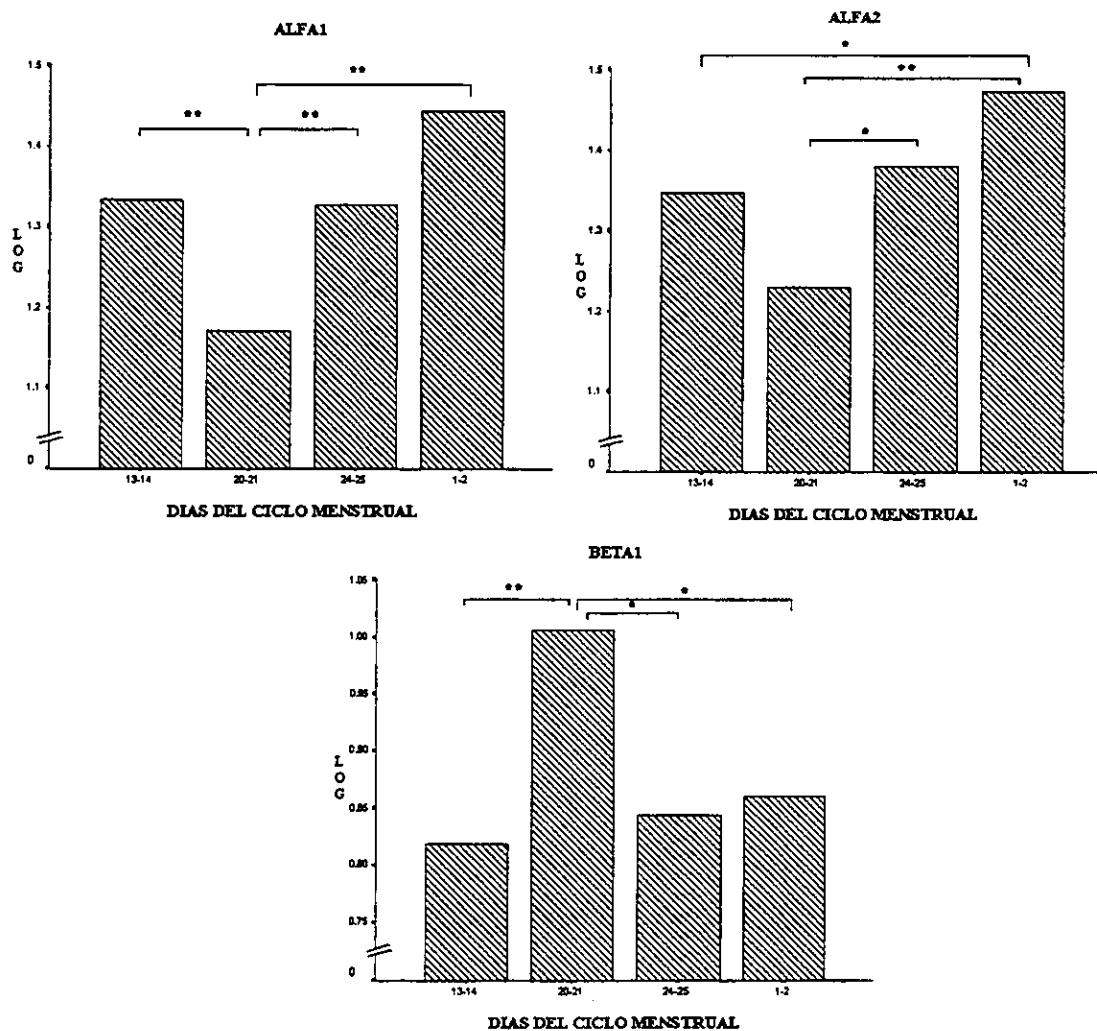


Fig. 12. Potencia Absoluta (efecto principal) en la línea base de las bandas alfa 1. Alfa 2 y beta 1 en logaritmos durante los días 13-14 (etapa ovulatoria), 20-21 (fase lútea temprana), 24-25 (fase lútea tardía) y 1-2 (fase menstrual) del ciclo menstrual. Los asteriscos sobre las líneas indican los períodos que mostraron diferencias significativas entre sí ($p < 0.05$ y $** p < 0.01$).

POTENCIA RELATIVA LINEA BASE

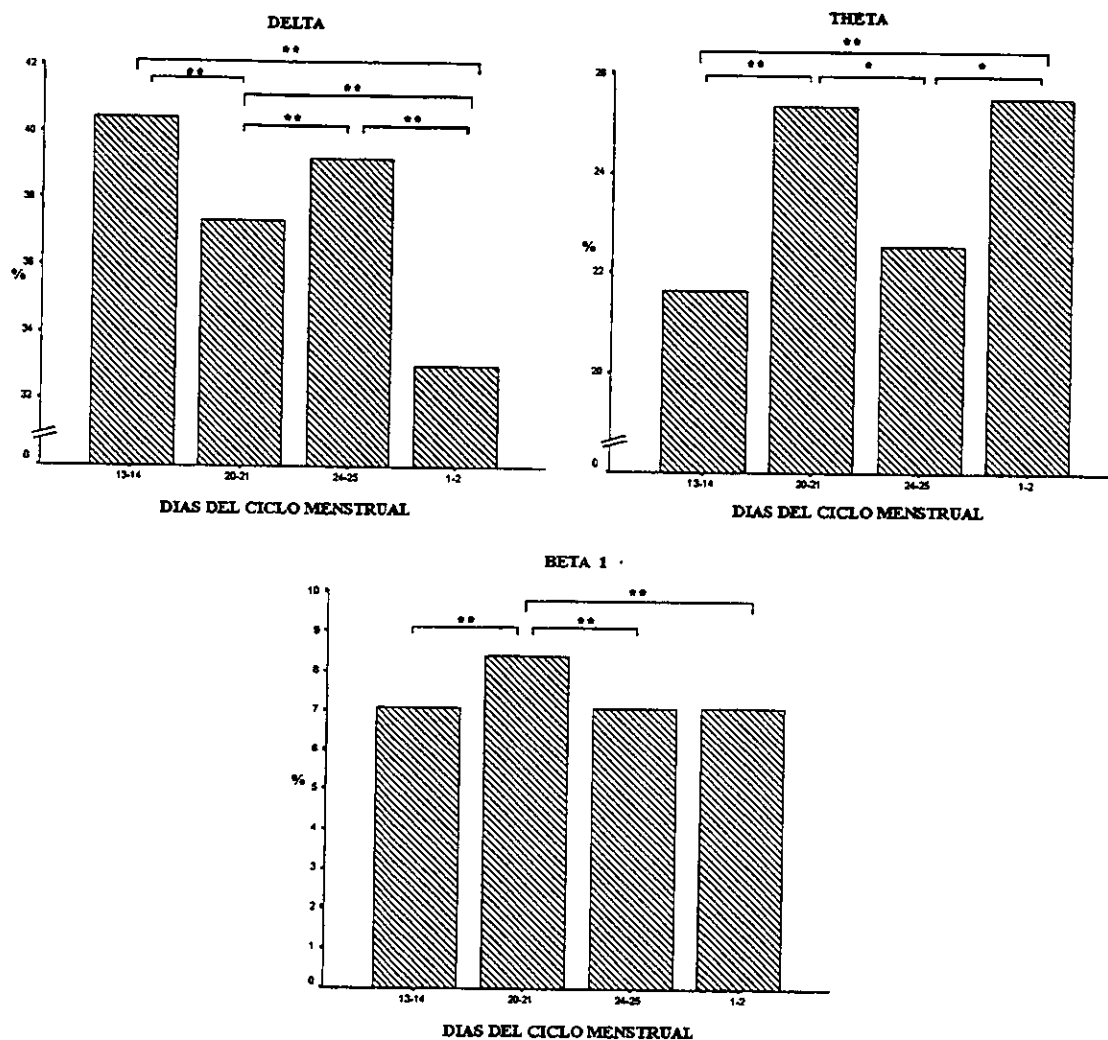


Fig. 13. Efecto principal de la potencia relativa en la línea base para las bandas de delta, theta y beta 1 durante los días 13-14 (etapa ovulatoria), 20-21 (fase lútea temprana), 24-25 (fase lútea tardía) y 1-2 (fase menstrual) del ciclo menstrual. Los asteriscos sobre las líneas indican los períodos que mostraron diferencias significativas entre sí ($p < 0.05$ y $** p < 0.01$).

c) Correlación Interhemisférica

En las gráficas siguientes se representa la correlación interhemisférica y la correlación intrahemisférica en puntajes Z de Fisher durante la línea base.

Factor: Días del Ciclo Menstrual

Los análisis de varianza (derivaciones x días del ciclo) realizados durante la línea base para cada una de las bandas, mostraron diferencias significativas entre los días del

ciclo solamente para la banda de alfa 2 (Tabla 5). La comparación entre medias de todos los períodos con la prueba de Tukey puede verse en la Tabla 6.

Factor: Derivaciones

El factor derivaciones mostró diferencias significativas para todas las bandas (delta, theta, alfa 1, alfa 2, beta 1 y beta 2) (Tabla 5).

Interacción:

El factor AxB (Derivaciones x Días del ciclo menstrual) mostró interacción significativa solo para la banda de alfa 2 (Tabla 5).

La Corelación interhemisférica de la banda de alfa 2 fue significativamente menor en los días 20-21 comparada con la los días 13-14, y mayor en los días 1-2 de la menstruación (Fig. 14).

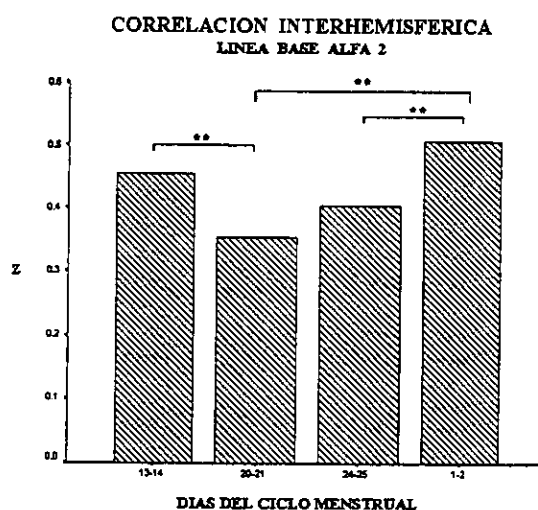


Fig. 14. Correlación interhemisférica en la línea base (efecto principal) en puntajes Z de Fisher de la banda de alfa 2 durante los días 13-14 (etapa ovulatoria), 20-21 (fase lútea temprana), 24-25 (fase lútea tardía) y 1-2 (fase menstrual) del ciclo menstrual. Los asteriscos sobre las líneas indican los períodos que mostraron diferencias significativas entre sí ($p < 0.05$ y $** p < 0.01$).

d) Correlación Intrahemisférica

Factor: Días del ciclo menstrual

Los análisis de varianza (derivaciones x días del ciclo) realizados durante la línea base para cada una de las bandas, no mostraron diferencias significativas entre los días del ciclo para ninguna de la bandas (Tabla 5).

Factor: Derivaciones

El factor Derivaciones mostró diferencias significativas para todas las bandas excepto para la banda de delta (Tabla 5).

Interacción

La interacción días del ciclo menstrual x derivaciones no mostró interacción significativa para ninguna de las bandas (Tabla 5).

Resumen

- *La etapa ovulatoria* (días 13-14) se caracterizó por mayor proporción de delta y menor proporción de theta, menor potencia y proporción de beta 1 y por mayor correlación interhemisférica de alfa 2 sin mayores cambios en la potencia absoluta.
- *La fase lútea temprana* (días 20-21) se caracterizó por un incremento en la proporción de theta y beta 1, por un decremento de la PA de alfa 1 y alfa 2, por un decremento en la proporción de delta, por un incremento de la potencia absoluta de beta 1 y por un decremento de la correlación interhemisférica de alfa 2.
- *La fase lútea tardía* (días 24-25) se caracterizó por un incremento en la proporción de delta y decremento de la proporción de theta, por un incremento de la PA de alfa 1 y alfa 2 y por un decremento de la potencia y proporción de beta 1, y por un decremento de la correlación interhemisférica de alfa 2.
- *La fase menstrual* (días 1-2) se caracterizó por un decremento en la proporción de delta y beta 1 y por un incremento en la proporción de theta, por un incremento en la PA de alfa 1 y alfa 2 y de la Correlación interhemisférica de alfa 2.

B) Actividad EEG Durante la Ejecución de la Tarea "Toma de Decisiones"

En las gráficas siguientes se representan en las figuras los valores de la PA y de la PR durante la ejecución de la tarea "Toma de Decisiones" (Wisconsin Card Sorting Test) a) durante las diferentes etapas del ciclo.

Potencia Absoluta

Factor: Días el ciclo menstrual

Los análisis de varianza (derivaciones x días del ciclo) realizados para cada una de las bandas durante la ejecución de la tarea "toma de decisiones" mostraron diferencias significativas entre los días del ciclo menstrual solamente para las bandas de theta, alfa 2, beta 1 y beta 2 (Tabla 7). La comparación entre las medias de todos los períodos con la prueba de Tukey puede verse en las Tabla 8.

Factor: Derivaciones

El factor derivaciones mostró diferencias significativas solamente para las bandas de theta y alfa 2 (Tabla 7).

Interacción:

La interacción Derivaciones x días del ciclo no mostró ninguna interacción significativa (Tabla 7).

La PA de las bandas de theta, alfa 2, beta 1 y beta 2 fue mayor durante la ejecución de la tarea en los días 13-14 y significativamente menor en los días 24-25 del ciclo (Fig. 15).

b) Potencia Relativa

Los análisis de varianza (derivaciones x días del ciclo menstrual) realizados para cada una de las bandas mostró diferencias significativas entre los días del ciclo menstrual durante la ejecución de la tarea solamente para las bandas de alfa 1 y beta 1 (Tabla 7). La comparación entre las medias de todos los períodos con la prueba de Tukey puede verse en las Tabla 8.

Factor: Derivaciones

El factor derivaciones mostró diferencias significativas solamente para las bandas de alfa 2 y beta 1 (Tabla 7).

Interacción:

TABLA 7

NIVELES DE SIGNIFICANCIA DE LOS ANALISIS DE VARIANZA DE LA POTENCIA ABSOLUTA Y RELATIVA Y CORRELACION INTERHEMISFERICA E INTRAHEMISFERICA PARA CADA BANDA DE EEG DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA TAREA "TOMA DE DECISIONES"

Factores	Bandas	A Derivaciones gl=		B Dias del ciclo gl=		AxB Interacción gl=	
		F	p	F	p	F	p
Potencia Absoluta	Delta	0.58	0.633	1.02	0.388	0.21	0.992
	Theta	3.13	0.028 *	3.72	0.013 *	0.19	0.994
	Alfa 1	1.76	0.158	2.36	0.073	0.24	0.987
	Alfa 2	6.08	0.001 *	4.56	0.005 *	0.43	0.919
	Beta 1	2.25	0.080	4.66	0.004 *	0.41	0.928
	Beta 2	0.76	0.524	3.79	0.012 *	0.21	0.991
Potencia Relativa	Delta	2.00	0.116	2.38	0.072	0.20	0.993
	Theta	2.07	0.107	1.41	0.241	0.14	0.998
	Alfa 1	0.23	0.875	3.12	0.028 *	0.33	0.962
	Alfa 2	7.92	0.001 *	1.53	0.209	0.49	0.878
	Beta 1	5.44	0.002 *	2.74	0.045 *	0.28	0.980
	Beta 2	2.28	0.082	0.79	0.503	0.68	0.726
Corinter	Delta	3.85	0.052	0.58	0.637	1.72	0.173
	Theta	67.08	< 0.001 *	1.21	0.051 *	0.61	0.615
	Alfa 1	148.59	< 0.001 *	1.41	0.248	1.10	0.358
	Alfa 2	89.60	< 0.001 *	1.53	0.049 *	0.73	0.543
	Beta 1	223.91	< 0.001 *	2.17	0.100	0.84	0.518
	Beta 2	203.87	< 0.001 *	0.63	0.601	0.27	0.846
	Total	75.84	< 0.001 *	0.27	0.850	0.90	0.550
Corintra	Delta	0.01	< 0.001 *	0.74	0.536	0.75	0.532
	Theta	35.99	< 0.001 *	2.57	0.062	0.09	0.963
	Alfa 1	58.95	< 0.001 *	0.95	0.577	0.04	0.989
	Alfa 2	82.17	< 0.001 *	1.53	0.215	0.80	0.500
	Beta 1	217.29	< 0.001 *	1.41	0.248	0.47	0.710
	Beta 2	111.76	< 0.001 *	0.74	0.537	0.12	0.945
	Total	33.00	< 0.001 *	0.72	0.544	0.28	0.838

TABLA 8

RESULTADOS DE LAS COMPARACIONES MÚLTIPLES ENTRE LAS MEDIAS DE LA POTENCIA ABSOLUTA Y RELATIVA Y CORRELACIÓN INTERHEMISFERICA DE LOS DIFERENTES DÍAS DEL CICLO MENSTRUAL PARA CADA BANDA DEL EEG DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA TAREA "TOMA DE DECISIONES"

POTENCIA ABSOLUTA

BANDAS

DIAS	DELTA	THETA	ALFA 1	ALFA 2	BETA 1	BETA 2
> <						
13-14 vs 24-25	-----	**	-----	**	**	**
13-14 vs 20-21	-----	*	-----	-----	-----	**
20-21 vs 24-25	-----	*	-----	**	**	-----
1-2 vs 20-21	-----	**	-----	**	**	**
1-2 vs 24-25	-----	*	-----	-----	-----	*

POTENCIA RELATIVA

DIAS	DELTA	THETA	ALFA 1	ALFA 2	BETA 1	BETA 2
> <						
20-21 vs 13-14	-----	-----	**	-----	**	-----
20-21 vs 24-25	-----	-----	**	-----	**	-----
20-21 vs 1-2	-----	-----	**	-----	**	-----
24-25 vs 13-14	-----	-----	*	-----	-----	-----
1-2 vs 13-14	-----	-----	*	-----	-----	-----

CORRELACION INTERHEMISFERICA

DIAS	DELTA	THETA	ALFA 1	ALFA 2	BETA 1	BETA 2
> <						
13-14 vs 24-25	-----	*	-----	**	-----	-----
13-14 vs 1-2	-----	*	-----	-----	-----	-----
20-21 vs 24-25	-----	-----	-----	**	-----	-----

* $p < 0.05$

** $p < 0.01$

La PR durante la ejecución de la tarea "toma de decisiones" no mostró ninguna interacción entre los factores AxB a lo largo del ciclo menstrual (Tabla 7).

La PR de la banda de alfa 1 y beta 1 durante la ejecución de la tarea fue significativamente mayor en los días 20-21 y menor en los días 13-14 y 24-25 del ciclo (Fig. 16).

POTENCIA ABSOLUTA TAREA "TOMA DE DECISIONES"

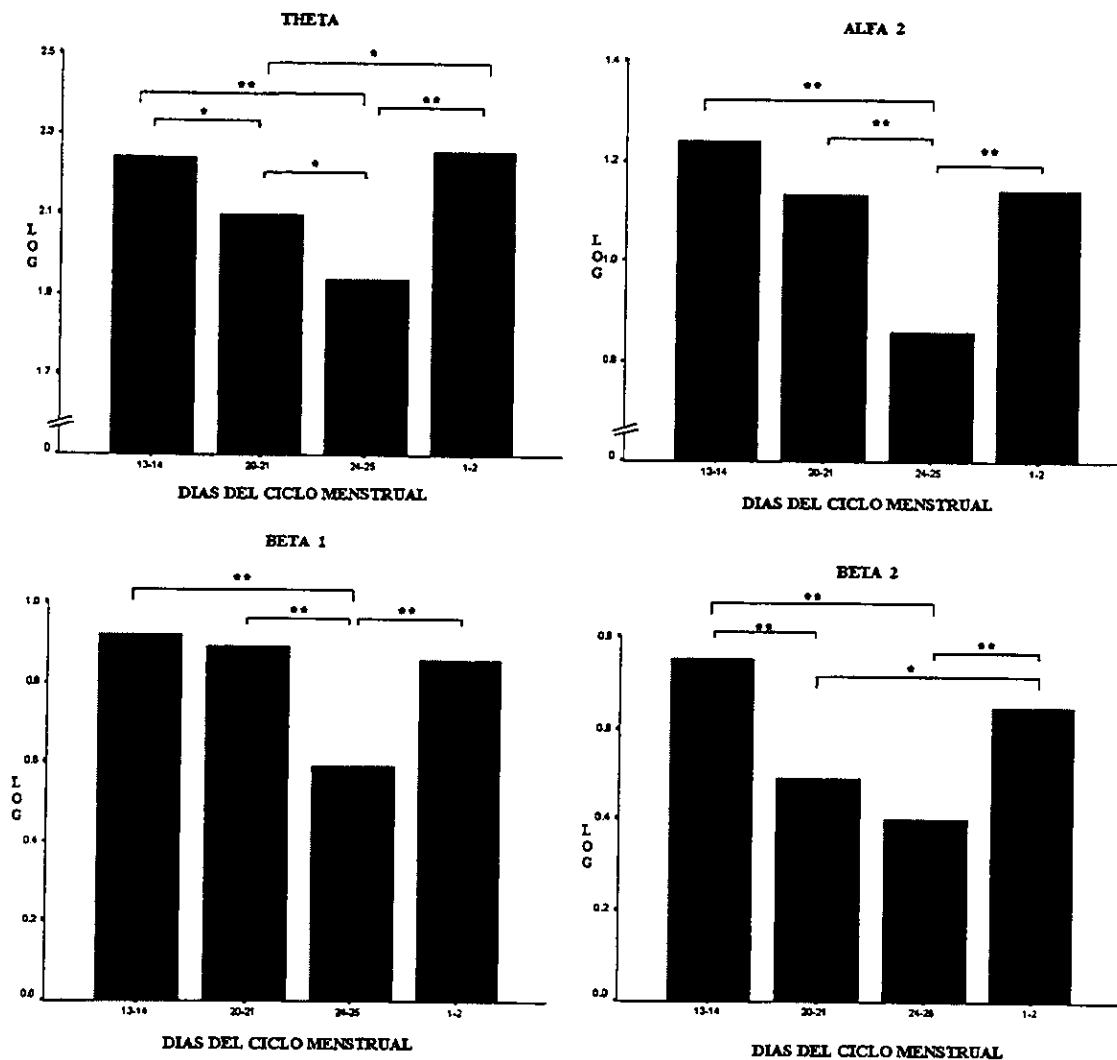


Fig. 15. Potencia absoluta (efecto principal) en logaritmos de las bandas de theta, alfa 2, beta 1 y beta 2 durante la ejecución de la tarea toma de decisiones (Wisconsin Card Sorting Test) en los días 13-14 (etapa ovulatoria), 20-21 (fase lútea temprana), 24-25 (fase lútea tardía) y 1-2 (fase menstrual) del ciclo menstrual. Los asteriscos sobre las líneas indican los períodos que mostraron diferencias significativas entre sí (* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$).

La PR de la banda de alfa 1 y beta 1 durante la ejecución de la tarea fue significativamente mayor en los días 20-21 y menor en los días 24-25 del ciclo (Fig. 16).

La PR de las bandas de delta, theta, alfa 2, beta 1 y beta 2 no mostraron diferencias significativas durante la ejecución de la tarea "toma de decisiones" a lo largo del ciclo menstrual. Sin embargo, la PR de estas bandas mostró una tendencia a decrementarse en los días 24-25 del ciclo, semejante al cambio observado en la banda de alfa 1.

POTENCIA RELATIVA TAREA "TOMA DE DECISIONES"

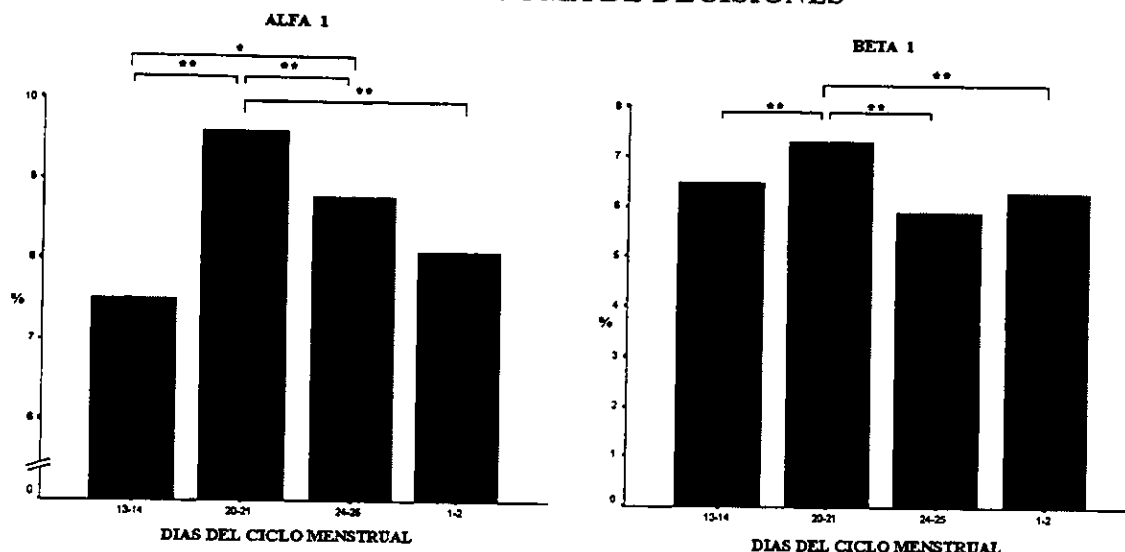


Fig. 16. Potencia relativa (efecto principal) en logaritmos de las bandas de alfa 1 y beta 1 durante la ejecución de la tarea toma de decisiones (Wisconsin Card Sorting Test) en los días 13-14 (etapa ovulatoria), 20-21 (fase lútea temprana), 24-25 (fase lútea tardía) y 1-2 (fase menstrual) del ciclo menstrual. Los asteriscos sobre las líneas indican los períodos que mostraron diferencias significativas entre sí (* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$).

c) Correlación Interhemisférica

En las gráficas siguientes se representa los valores de la correlación interhemisférica (Corinter) en puntajes Z de Fisher durante la ejecución de la tarea "Toma de Decisiones".

Factor: Días del Ciclo Menstrual

Los análisis de varianza (derivaciones x días del ciclo) realizados durante la ejecución de la tarea para cada una de las bandas, mostraron diferencias significativas entre los días del ciclo solamente para las bandas de theta y alfa 2 (Tabla 7). La comparación entre medias de todos los períodos con la prueba de Tukey puede verse en la Tabla 8.

Factor: Derivaciones

El factor A Derivaciones mostró diferencias significativas para todas las bandas excepto para delta (Tabla 7).

Interacción

La interacción Derivaciones x días del ciclo no mostró significancia para ninguna de las bandas (Tabla 7).

Se observó que durante la ejecución de la tarea, la correlación interhemisférica de las bandas de theta y alfa 2 fue mayor en los días 13-14 y significativamente menor en los días 24-25 y 1-2 de la menstruación (Fig. 17).

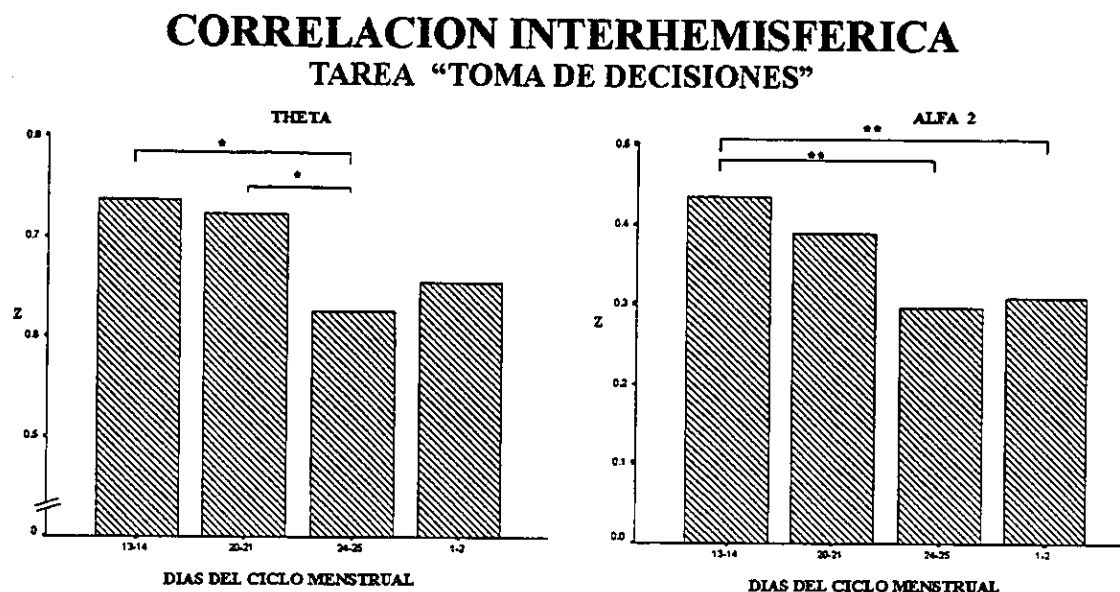


Fig. 17. Correlación interhemisférica (efecto principal) en puntajes Z de Fisher de las bandas de theta y alfa 2 durante ejecución de la tarea toma de decisiones (Wisconsin Card Sorting Test) en los días 13-14 (etapa ovulatoria), 20-21 (fase lútea temprana), 24-25 (fase lútea tardía) y 1-2 (fase menstrual) del ciclo menstrual. Los asteriscos sobre las líneas indican los períodos que mostraron diferencias significativas entre sí (* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$).

d) Correlación Intrahemisférica

Factor: Días del Ciclo Menstrual

Los análisis de varianza (derivaciones x días del ciclo) realizados durante la ejecución de la tarea toma de decisiones para cada una de las bandas, no mostraron diferencias significativas en ninguno de los días del ciclo (Tabla 7).

Factor: Derivaciones

El factor Derivaciones mostró diferencias significativas para todas las bandas (Tabla 7).

El factor Derivaciones mostró diferencias significativas para todas las bandas excepto para delta (Tabla 7).

Interacción

La interacción Derivaciones x días del ciclo no mostró interacción para ninguna de las bandas (Tabla 7).

Resumen

- *La fase ovulatoria* (días 13-14), durante *la toma de decisiones*, se caracterizó por una mayor PA de theta, alfa 1, alfa 2 y beta 2 y de correlación interhemisférica de alfa 2, por una PR menor de alfa 1 y menor de beta 1.
- *La fase lútea temprana* (días 20-21) durante *la toma de decisiones* se caracterizó por una PA menor de theta, alfa 2 y de beta 2 y por mayor PR de alfa 1 y beta 1, y por mayor correlación interhemisférica de theta y alfa 2.
- *La fase lútea tardía* (días 24-25) durante *la toma de decisiones* se caracterizó por menor PA de theta, alfa 1, alfa 2 y beta 2, menor PR de alfa 1 y de beta 1 y por menor correlación interhemisférica de theta y de alfa 2.
- *La fase menstrual* (días 1-2) durante *la toma de decisiones* se caracterizó por mayor PA de theta, alfa 2, beta 1 y beta 2 y por una menor PR de alfa 1 y beta 1, y por menor correlación interhemisférica de alfa 2.

Sección 3

Actividad EEG Durante la Ejecución de Tareas "Toma de Decisiones" Comparada con la Línea Base

a) Potencia Absoluta

En las gráficas siguientes se representan en las figuras los valores de potencia y de correlación comparando la actividad registrada en la línea base con la actividad durante la ejecución de la tarea "Toma de Decisiones" para cada fase del ciclo por separado.

Factor: Línea Base-Tarea x día del ciclo

Los análisis de varianza realizados para cada fase del ciclo por separado, comparando la línea base con la ejecución de la tarea "Toma de Decisiones" mostró diferencias significativas para los días 13-14, 20-21, 24-25 y 1-2 de la menstruación.

Factor: Derivaciones

El factor Derivaciones mostró diferencias significativas en los días 13-14 para las bandas de theta y alfa, en los días 20-21 para la banda de alfa 2, en los días 24-25 para las bandas alfa 1 y alfa 2, en los días 1-2 de la menstruación para las bandas theta, alfa 2 y beta 1 (Tabla 9).

Interacción

La interacción AxB (Línea Base-Tarea x Derivaciones) no mostró diferencias significativas para ninguna de las bandas en las cuatro fases del ciclo (Tabla 9).

Durante la ejecución de la tarea toma de decisiones comparada con la línea base, se observó que en los días 13-14 la PA de las bandas de delta, theta, y beta 2 se incrementaron, mientras que la banda de alfa 1 se decrementó significativamente; en los días 20-21, se observó que PA de delta fue la única banda que se incrementó significativamente; en los días 24-25, se observó que la PA de la banda de delta se incrementó, mientras que la PA de las bandas de alfa 1, alfa 2, beta 1 y beta 2 se decrementaron; en los días 1-2, se observó que la PA de la banda de delta se incrementó, mientras que la PA de las bandas de alfa 1 y alfa 2 se decrementaron (Fig. 18).

TABLA 9

NIVELES DE SIGNIFICANCIA DE LOS ANALISIS DE VARIANZA DE LA POTENCIA ABSOLUTA PARA CADA BANDA DE EEG EN LA COMPARACIÓN DE LA LÍNEA BASE CON LA EJECUCIÓN DE LA TAREA "TOMA DE DECISIONES" PARA CADA FASE DEL CICLO.

POTENCIA ABSOLUTA

Factores	BANDAS	A LB-TAREA gl=		B DERIVACIONES gl=		AxB INTERACCIÓN gl=	
		F	p	F	p	F	p
Días 13-14	DELTA	12.91	0.001 *	1.31	0.280	0.29	0.836
	THETA	10.23	0.003 *	3.83	0.014 *	0.39	0.764
	ALFA 1	6.73	0.012 *	0.10	0.356	0.20	0.894
	ALFA 2	0.67	0.578	2.87	0.044 *	0.07	0.976
	BETA 1	1.39	0.242	2.38	0.079	0.25	0.860
	BETA 2	8.18	0.006 *	0.91	0.558	1.77	0.162
Días 20-21	DELTA	5.27	0.024 *	1.10	0.358	0.25	0.859
	THETA	0.10	0.755	1.16	0.335	0.18	0.912
	ALFA 1	0.19	0.671	1.19	0.320	0.41	0.747
	ALFA 2	1.03	0.316	4.86	0.005 *	0.26	0.857
	BETA 1	2.60	0.108	1.13	0.346	0.49	0.696
	BETA 2	1.61	0.207	2.28	0.088	0.32	0.812
Días 24-25	DELTA	5.86	0.018 *	1.30	0.283	0.10	0.957
	THETA	0.68	0.523	2.29	0.087	0.14	0.937
	ALFA 1	31.89	< 0.001 *	2.83	0.045 *	0.82	0.507
	ALFA 2	35.19	< 0.001 *	4.97	0.004 *	1.16	0.333
	BETA 1	7.83	0.007 *	1.16	0.335	0.20	0.898
	BETA 2	7.33	0.009 *	1.10	0.356	0.28	0.844
Días 1-2	DELTA	9.70	0.003 *	0.67	0.578	0.31	0.817
	THETA	2.35	0.127	5.13	0.004 *	0.07	0.977
	ALFA 1	8.63	0.005 *	1.74	0.168	0.55	0.652
	ALFA 2	11.63	0.002 *	7.42	< 0.001 *	0.24	0.872
	BETA 1	0.01	0.955	2.71	0.052 *	0.30	0.824
	BETA 2	0.04	0.839	0.76	0.525	0.21	0.887

* p < 0.05

POTENCIA ABSOLUTA TAREA "TOMA DE DECISIONES"

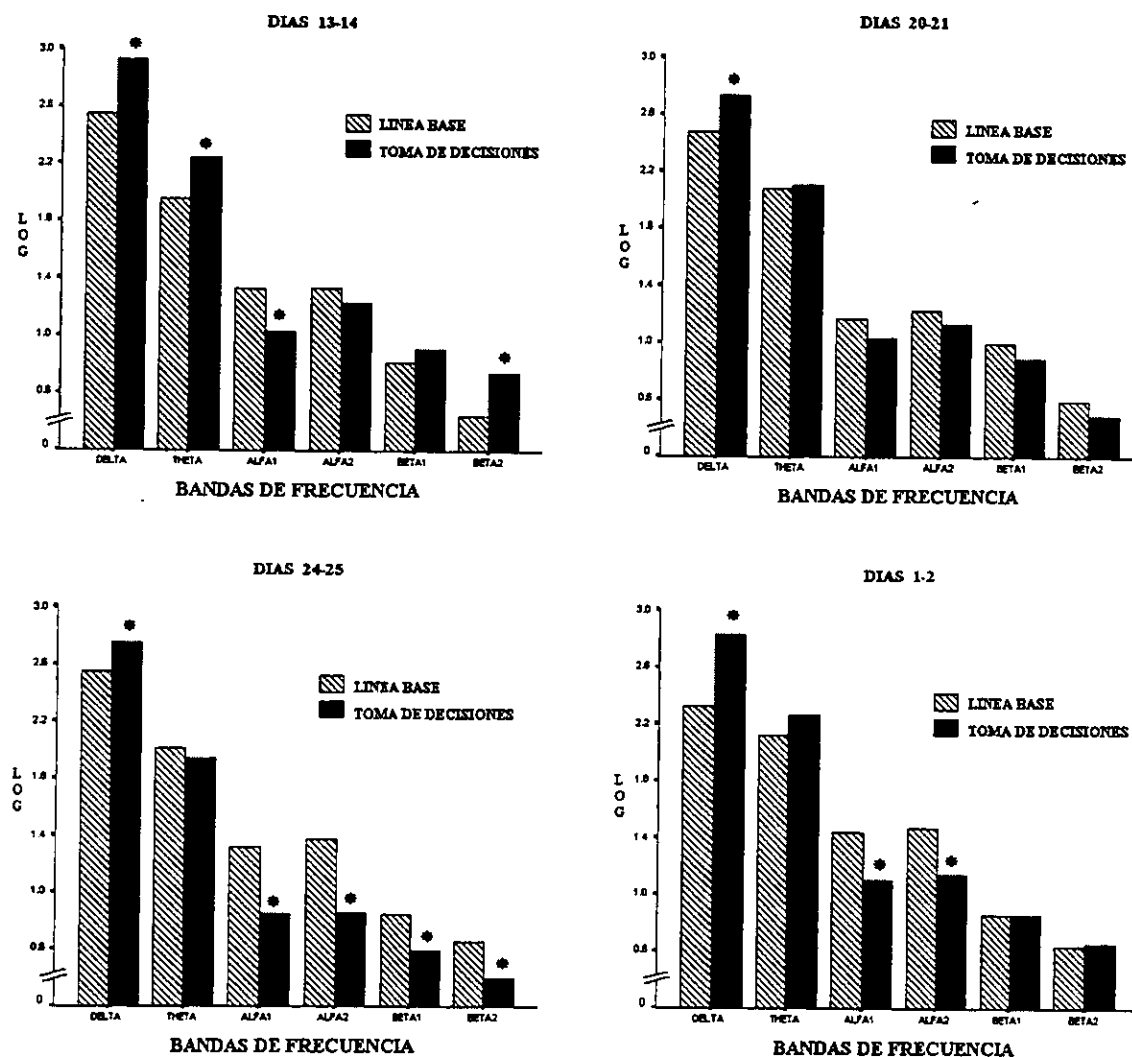


Fig. 18. Potencia absoluta (efecto principal) en logaritmos de las bandas de delta, theta, alfa 1, alfa 2, beta 1 y beta 2 en la comparación entre la línea base y la ejecución de la tarea toma de decisiones (Wisconsin Card Sorting Test) durante los días 13-14 (etapa ovulatoria), 20-21 (fase lútea temprana), 24-25 (fase lútea tardía) y 1-2 (fase menstrual) del ciclo menstrual. Los asteriscos sobre las líneas indican los periodos que mostraron diferencias significativas entre sí (* $p < 0.05$).

b) Potencia Relativa

Factor: Línea Base-Tarea x día del ciclo.

Los análisis de varianza realizados para cada fase del ciclo por separado, comparando la línea base con la ejecución de la tarea "Toma de Decisiones" mostró diferencias significativas para los días 13-14, 20-21, 24-25 y 1-2 de la menstruación.

Factor: Derivaciones

El factor Derivaciones mostró diferencias significativas en los días 13-14 para las bandas de theta, en los días 20-21 para las bandas de delta, alfa 2, beta 1 y beta 2, en los días 24-25 para las bandas de delta y alfa 2, en los días 1-2 de la menstruación para las bandas alfa 2 y beta 1 (Tabla 10).

Interacción

La interacción Línea Base-Tarea x Derivaciones no mostró significancia para ninguna de las bandas (Tabla 10).

Durante la ejecución de la tarea toma de decisiones, se observó que en los días 13-14 la proporción de la banda de delta se incrementó, mientras que las bandas de alfa 1 y alfa 2 se decrementaron; en los días 20-21 la proporción de la banda de delta se incrementó, mientras que la proporción de las bandas de alfa 1 y beta 2 se decrementaron; en los días 24-25 la proporción de la banda de delta se incrementó, mientras que la proporción de las bandas de alfa 1, alfa 2, beta 1 y beta 2 se decrementaron; en los días 1-2 de la menstruación la proporción de la banda de delta se incrementó, mientras que la proporción de las bandas de alfa 1, alfa 2, beta 1 y beta 2 se decrementaron durante la ejecución de la tarea (Fig. 19).

c) Correlación Interhemisférica

Factor: Línea Base-Tarea x día del ciclo

Los análisis de varianza realizados para cada fase del ciclo por separado, comparando la línea base con la ejecución de la tarea "Toma de Decisiones" mostró diferencias significativas para los días 24-25 y 1-2 de la menstruación (Tabla 11).

Factor: Derivaciones

El factor Derivaciones mostró diferencias significativas durante los días 13-14, 20-21 y 1-2 de la menstruación para todas las bandas excepto delta y en los días 24-25 para todas las bandas (Tabla 11).

Interacción

La interacción Línea Base-Tarea x Derivaciones mostró significancia solo en los días 20-21 para la banda de alfa 1 y durante los días 24-25 del ciclo para la banda de alfa 2 (Tabla 11).

TABLA 10

NIVELES DE SIGNIFICANCIA DE LOS ANALISIS DE VARIANZA DE LA POTENCIA RELATIVA PARA CADA BANDA DE EEG EN LA COMPARACIÓN DE LA LÍNEA BASE CON LA EJECUCIÓN DE LA TAREA "TOMA DE DECISIONES" PARA CADA FASE DEL CICLO.

POTENCIA RELATIVA

Factores	BANDAS	A LB-TAREA gl=		B DERIVACIONES gl=		AxB INTERACCIÓN gl=	
		F	p	F	p	F	p
Días 13-14	DELTA	8.45	0.005 *	1.54	0.212	0.27	0.846
	THETA	1.74	0.190	1.82	0.153	0.21	0.889
	ALFA 1	35.57	<0.001 *	0.80	0.501	0.45	0.724
	ALFA 2	8.43	0.005 *	2.58	0.061	0.19	0.901
	BETA 1	3.82	0.052 *	6.46	0.001 *	0.71	0.555
	BETA 2	0.65	0.572	1.61	0.197	1.47	0.230
Días 20-21	DELTA	22.43	<0.001 *	2.93	0.041 *	1.12	0.348
	THETA	0.64	0.537	0.13	0.942	0.14	0.937
	ALFA 1	1.27	0.264	0.37	0.776	0.59	0.626
	ALFA 2	2.61	0.108	4.80	0.005 *	0.30	0.991
	BETA 1	4.71	0.032 *	2.71	0.051 *	1.51	0.220
	BETA 2	9.02	0.004 *	4.24	0.009 *	0.43	0.734
Días 24-25	DELTA	68.61	<0.001 *	7.64	<0.001 *	1.80	0.156
	THETA	0.14	0.715	1.20	0.319	0.39	0.761
	ALFA 1	39.41	<0.001 *	1.53	0.216	0.85	0.527
	ALFA 2	39.14	<0.001 *	7.02	<0.001 *	1.61	0.197
	BETA 1	10.44	0.002 *	2.22	0.094	0.11	0.952
	BETA 2	6.43	0.013 *	1.62	0.193	0.43	0.737
Días 1-2	DELTA	11.92	0.001 *	1.10	0.960	0.10	0.998
	THETA	0.03	0.865	1.36	0.264	0.11	0.954
	ALFA 1	28.69	<0.001 *	0.15	0.929	0.91	0.554
	ALFA 2	27.48	<0.001 *	5.90	0.002 *	0.30	0.827
	BETA 1	4.28	0.040 *	5.49	0.003 *	0.11	0.952
	BETA 2	0.82	0.628	2.21	0.095	1.00	0.597

POTENCIA RELATIVA TAREA "TOMA DE DECISIONES"

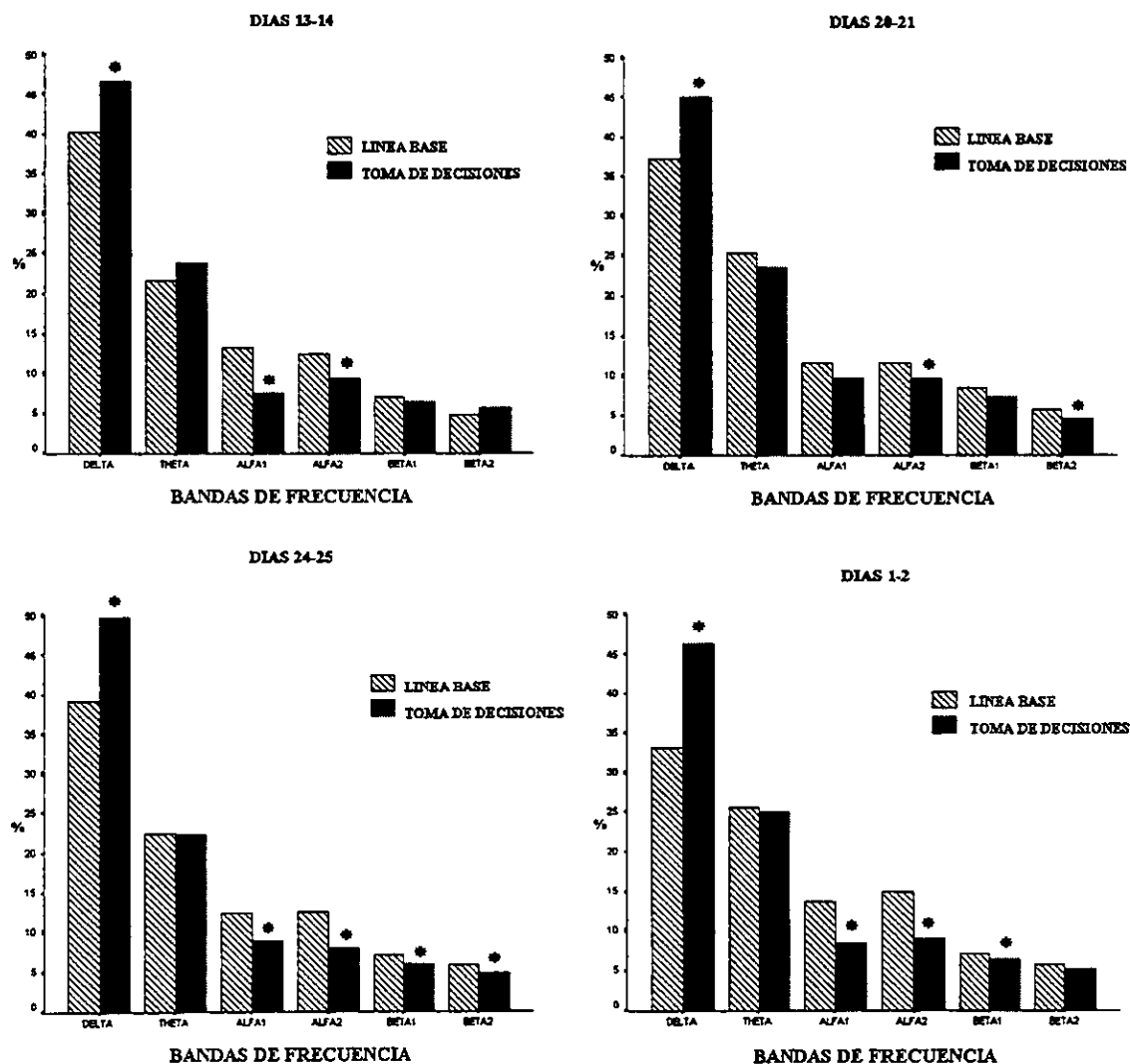


Fig. 19. Potencia relativa (efecto principal) en porcentajes de las bandas de delta, theta, alfa 1, alfa 2, beta 1 y beta 2 en la comparación entre la línea base y la ejecución de la tarea toma de decisiones (Wisconsin Card Sorting Test) durante los días 13-14 (etapa ovulatoria), 20-21 (fase lútea temprana), 24-25 (fase lútea tardía) y 1-2 (fase menstrual) del ciclo menstrual. Los asteriscos sobre las líneas indican los períodos que mostraron diferencias significativas entre sí (* $p < 0.05$).

Durante la ejecución de la tarea toma de decisiones, se observó que en los días 24-25 la correlación interhemisférica de la banda de delta se incrementó significativamente, mientras que la banda de alfa 2 tendió a decrementarse, aunque este decremento no fue

significativo ($p = 0.06$), se observó una interacción significativa entre la ejecución, las derivaciones; en los días 1-2 de la menstruación, la correlación interhemisférica de las bandas de alfa 1 y alfa 2 se decrementaron significativamente durante la ejecución de la tarea (Fig. 20).

d) Correlación Intrahemisférica

Factor: Línea Base-Tarea x día del ciclo

Los análisis de varianza realizados para cada fase del ciclo por separado, comparando la línea base con la ejecución de la tarea "Toma de Decisiones" no mostró diferencias significativas para ninguno de los días del ciclo (Tabla 12).

Factor: Derivaciones

El factor Derivaciones mostró diferencias significativas durante los días 13-14, 20-21, 24-25 y 1-2 de la menstruación para todas las bandas excepto para delta (Tabla 12).

Interacción

La interacción Línea Base-Tarea x Derivaciones no mostró significancia durante la ejecución de la tarea en ninguno de los días del ciclo (Tabla 12).

Resumen

- *La fase ovulatoria* (días 13-14) durante *toma de decisiones* comparada con la línea base, se caracterizó por un incremento de la PA de las bandas de delta, theta y beta 2 y por un decremento de alfa 1; por un incremento de la proporción de la banda de delta y por un decremento de la proporción de alfa 1 y alfa 2.
- *La fase lútea temprana* (días 20-21) durante la *toma de decisiones* comparada con la línea base, se caracterizó por un incremento en la PA y PR de la banda de delta y por decremento de la proporción de las bandas de alfa 2 y beta 2.
- *La fase lútea tardía* (días 24-25) durante la *toma de decisiones* comparada con la línea base, se caracterizó por un incremento de la PA, PR y correlación interhemisférica de delta y por un decremento de la PA y PR de las bandas de alfa 1, alfa 2, beta 1 y beta 2.
- *La fase menstrual* (días 1-2) durante la *toma de decisiones* comparada con la línea base, se caracterizó por un incremento de la PA y PR de delta y por un decremento de la PA, PR y correlación interhemisférica de alfa 1, alfa 2 y beta 1.

TABLA 11

NIVELES DE SIGNIFICANCIA DE LOS ANALISIS DE VARIANZA DE LA CORRELACION INTERHEMISFERICA PARA CADA BANDA DE EEG EN LA COMPARACION DE LA LINEA BASE CON LA EJECUCION DE LA TAREA "TOMA DE DECISIONES" PARA CADA FASE DEL CICLO.

CORRELACION INTERHEMISFERICA

Factores	A		B		AxB		
	LB-TAREA		DERIVACIONES		INTERACCION		
	gl=		gl=		gl=		
	BANDAS	F	p	F	p	F	p
Días 13-14	Delta	1.66	0.208	2.42	0.130	0.01	0.917
	Theta	2.53	0.121	21.62	<0.001 *	1.93	0.174
	Alfa 1	0.14	0.713	154.74	<0.001 *	0.06	0.804
	Alfa 2	0.08	0.774	57.59	<0.001 *	0.01	0.934
	Beta 1	0.09	0.763	77.55	<0.001 *	0.04	0.837
	Beta 2	2.00	0.167	121.05	<0.001 *	0.40	0.540
	Total	0.10	0.929	39.31	<0.001 *	0.10	0.961
Días 20-21	Delta	1.18	0.289	0.09	0.769	1.25	0.272
	Theta	1.97	0.171	33.15	<0.001 *	1.26	0.272
	Alfa 1	0.44	0.520	174.52	<0.001 *	6.84	0.014 *
	Alfa 2	1.06	0.315	55.42	<0.001 *	0.73	0.595
	Beta 1	1.03	0.322	124.06	<0.001 *	0.20	0.662
	Beta 2	0.46	0.511	115.57	<0.001 *	0.14	0.711
	Total	0.12	0.729	62.84	<0.001 *	0.03	0.868
Días 24-25	Delta	4.07	0.051 *	9.70	0.005 *	1.50	0.231
	Theta	0.39	0.543	54.29	<0.001 *	0.33	0.576
	Alfa 1	2.86	0.102	70.71	<0.001 *	0.96	0.661
	Alfa 2	3.67	0.060	95.77	<0.001 *	6.64	0.016 *
	Beta 1	0.27	0.616	79.51	<0.001 *	0.66	0.569
	Beta 2	0.03	0.856	97.29	<0.001 *	2.19	0.149
Días 1-2	Delta	0.70	0.584	2.87	0.100	1.63	0.212
	Theta	0.52	0.516	34.30	<0.001 *	1.27	0.271
	Alfa 1	4.34	0.045 *	88.32	<0.001 *	0.06	0.799
	Alfa 2	3.87	0.051 *	54.43	<0.001 *	1.50	0.231
	Beta 1	2.09	0.158	170.39	<0.001 *	0.19	0.673
	Beta 2	1.06	0.314	138.26	<0.001 *	1.87	0.182
	Total	1.41	0.533	66.93	<0.001 *	0.10	0.981

CORRELACION INTERHEMISFERICA TAREA "TOMA DE DECISIONES"

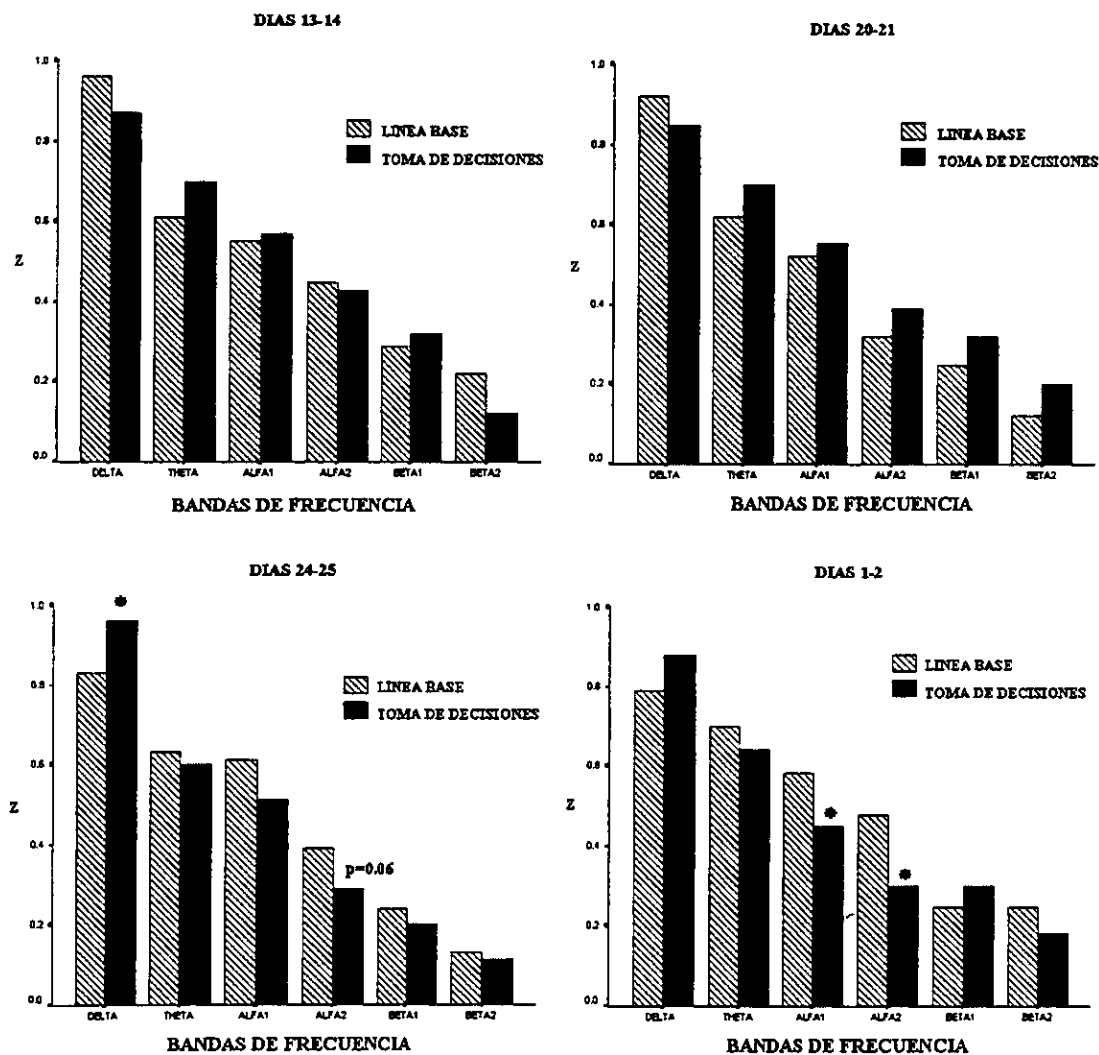


Fig. 20. Correlación interhemisférica (efecto principal) en puntajes Z de Fisher de las bandas de delta, theta, alfa 1, alfa 2, beta 1 y beta 2 en la comparación entre la línea base y la ejecución de la tarea toma de decisiones (Wisconsin Card Sorting Test) durante los días 13-14 (etapa ovulatoria), 20-21 (fase lútea temprana), 24-25 (fase lútea tardía) y 1-2 (fase menstrual) del ciclo menstrual. Los asteriscos sobre las líneas indican los periodos que mostraron diferencias significativas entre sí (* $p < 0.05$).

TABLA 12

NIVELES DE SIGNIFICANCIA DE LOS ANALISIS DE VARIANZA DE LA CORRELACION INTRAHEMISFERICA PARA CADA BANDA DE EEG EN LA COMPARACIÓN DE LA LINEA BASE CON LA EJECUCIÓN DE LA TAREA "TOMA DE DECISIONES" PARA CADA FASE DEL CICLO.

CORRELACION INTRAHEMISFERICA

Factores	BANDAS	A LB-TAREA gl=		B DERIVACIONES gl=		AxB INTERACCIÓN gl=	
		F	p	F	p	F	p
Días 13-14	Delta	0.65	0.567	1.84	0.185	3.49	0.071
	Theta	3.71	0.063	20.36	<0.001	0.13	0.723
	Alfa 1	0.63	0.560	48.35	<0.001	0.68	0.578
	Alfa 2	0.04	0.830	55.52	<0.001	0.04	0.841
	Beta 1	0.21	0.653	140.82	<0.001	0.60	0.549
	Beta 2	1.78	0.192	117.62	<0.001	1.94	0.174
	Total	0.05	0.814	38.56	<0.001	1.55	0.223
Días 20-21	Delta	1.10	0.306	0.76	0.603	1.41	0.246
	Theta	2.79	0.105	13.37	0.002 *	0.10	0.750
	Alfa 1	0.85	0.630	43.39	<0.001 *	0.07	0.786
	Alfa 2	0.42	0.531	42.83	<0.001 *	0.46	0.512
	Beta 1	0.84	0.628	60.75	<0.001 *	1.50	0.231
	Beta 2	0.18	0.676	87.51	<0.001 *	2.31	0.138
	Total	0.05	0.823	19.30	<0.001 *	1.20	0.284
Días 24-25	Delta	2.34	0.136	3.80	0.060	1.33	0.260
	Theta	1.43	0.241	34.37	<0.001 *	0.08	0.771
	Alfa 1	2.28	0.141	54.87	<0.001 *	0.62	0.554
	Alfa 2	0.80	0.615	57.39	<0.001 *	3.83	0.059
	Beta 1	0.95	0.659	102.84	<0.001 *	0.10	0.751
	Beta 2	0.29	0.599	63.32	<0.001 *	3.67	0.064
	Total	0.46	0.510	58.41	<0.001 *	2.98	0.094
Días 1-2	Delta	0.33	0.575	0.05	0.811	1.09	0.312
	Theta	3.51	0.070	28.06	<0.001 *	0.20	0.665
	Alfa 1	1.78	0.192	59.94	<0.001 *	0.40	0.539
	Alfa 2	3.15	0.085	69.49	<0.001 *	1.28	0.269
	Beta 1	0.60	0.549	105.36	<0.001 *	0.39	0.549
	Beta 2	0.44	0.521	97.88	<0.001 *	1.86	0.182
	Total	0.71	0.588	39.89	<0.001 *	0.32	0.580

Sección 4

Apreciación General entre la Ejecución de Tareas Cognoscitivas y la Actividad EEG Durante el Ciclo Menstrual

A continuación se describe una apreciación integral que pretende establecer una relación global de los resultados de la ejecución de las tareas con la actividad EEG registrada durante la ejecución y en reposo. La tarea de toma de decisiones que fue realizada con el registro simultáneo de la actividad EEG, se describen las siguientes relaciones:

1) En la tarea *toma de decisiones* la peor ejecución, medida por un incremento en el número de ensayos acertados que conducen a realizar una secuencia (mayor dificultad en la prueba) y por el incremento en el número de errores no perseverativos que no conducen al éxito, se observó en la fase lútea tardía (días 24-25) del ciclo. Esta ejecución deficiente se asoció con menor PA de las bandas de theta, alfa 2, beta 1 y beta 2, con menor proporción de alfa 1 y beta 1 y con menor correlación interhemisférica de theta y alfa 2 durante la ejecución de la tarea. La mejor ejecución en esta tarea, medida por el menor número de ensayos acertados que conducen al éxito (menor dificultad para realizar una secuencia) y por el menor número de errores perseverativos que conducen al éxito, se observó en la fase lútea temprana (días 20-21). Esta ejecución eficiente se asoció con mayor PA de la banda de beta 1, con mayor proporción de alfa 1 y beta 1 y con mayor correlación interhemisférica de theta y alfa 2 durante la ejecución de la tarea (Tabla 13).

2) Al comparar estadísticamente la actividad EEG durante la ejecución de la tarea "*toma de decisiones*" con la actividad registrada en reposo, la peor ejecución observada durante la fase lútea tardía (días 24-25), descrita anteriormente, ocurrió con un incremento de la PA, PR y de la correlación interhemisférica de delta, con un decremento de la PA y de la proporción de alfa 1, alfa 2 beta 1 y beta 2 con respecto a la línea base. La mejor ejecución observada en la fase lútea temprana (días 20-21), descrita anteriormente, ocurrió con un incremento de la PA y proporción de delta, y con menor proporción de alfa 2 y beta 2 y con una tendencia no significativa a incrementarse la correlación interhemisférica de las bandas de theta, alfa 1, alfa 2, beta 1, beta 2 con respecto a la línea base (Tabla 14).

TABLA 13

RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD EEG OBTENIDOS DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA TAREA TOMA DE DECISIONES DURANTE EL CICLO MENSTRUAL

CICLO	ACTIVIDAD EEG				EJECUCIÓN DE LA TAREA			
	Potencia Absoluta	Potencia Relativa	Correlación Interhemisférica	Ensayos Correctos Dificultad	Errores Perseverativos	Errores No Perseverativos	Ejecución	
Días 13-14	↑ Theta ↑ Alfa 2 ↑ Beta 1 ↑ Beta 2	↓ Alfa 1 ↓ Beta 1	↑ Theta ↑ Alfa 2	Mayores	Mayores	Mayores ns	Peor	
Días 20-21	↓ Theta * ↑ Beta 1 ↓ Beta 2 ** ↓ Alfa 2	↑ Alfa 1 ** ↑ Beta 1 **	↑ Theta ↑ Alfa 2	Menores *	Menores *	Menores ns	Mejor *	
Días 24-25	↓ Theta * ↓ Alfa 2 ** ↓ Beta 1 ** ↓ Beta 2 **	↓ Alfa 1 ** ↓ Beta 1 **	↓ Theta * ↓ Alfa 2 *	Mayores *	Mayores	Mayores ns	Peor *	
Días 1-2	↑ Theta ** ↑ Alfa 2 ** ↑ Beta 1 ** ↑ Beta 2 **	↓ Alfa 1 ** ↓ Beta 1	↓ Theta ↓ Alfa 2 *	Menores *	Menores *	Menores ns	Mejor	

* p < 0.05

** p < 0.01

TABLA 14

RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD EEG REGISTRADA EN LA LÍNEA BASE Y DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA TAREA TOMA DE DECISIONES EN EL CICLO MENSTRUAL

CICLO	ACTIVIDAD EEG		Correlación Interhemisférica	Ejecución		
	Potencia Absoluta	Potencia Relativa				
	L.Base	Tarea	L.Base	Tarea		
Días 13-14	↓ Delta → ↑ Delta *	↓ Theta → ↑ Theta *	↑ Alfa 1 → ↓ Alfa 1 *	↑ Alfa 2 → ↓ Alfa 2 *	N.S.	Peor
Días 20-21	↓ Delta → ↑ Delta *		↓ Delta → ↓ Alfa 2 *	↑ Alfa 2 → ↓ Alfa 2 *	N.S.	Mejor *
Días 24-25	↓ Delta → ↑ Delta *	↑ Alfa 1 → ↓ Alfa 1 *	↑ Alfa 2 → ↓ Alfa 2 *	↑ Beta 1 → ↓ Beta 1 *	↓ Delta → ↑ Delta *	Peor *
Días 1-2	↓ Delta → ↑ Delta *	↓ Theta → ↑ Theta *	↑ Alfa 1 → ↓ Alfa 1 *	↑ Alfa 2 → ↓ Alfa 2 *	↑ Alfa 1 → Alfa 1 *	Mejor

* $p < 0.05$

La ejecución de las siguientes tareas que no se realizaron con el registro simultáneo de la actividad EEG, por lo tanto, solo se establece las siguientes relaciones paralelamente con la actividad registrada en la línea base, se resumen en la Tabla 15:

1) En la fase ovulatoria (días 13-14), se observó la peor ejecución de la *tarea de vigilancia*, medida por mayor tiempo de reacción, mayor número de errores y omisiones y por menor número de aciertos. Esta ejecución deficiente se puede asociar en paralelo con mayor PR de delta, menor PA de beta 1 y menor proporción de theta. La mejor ejecución de esta tarea, medida por el menor tiempo de reacción, errores y omisiones y por un mayor número de aciertos, se observó en la fase lútea temprana (días 20-21). Esta vigilancia eficiente se

puede asociar con menor PA de alfa 1, menor proporción de delta y menor correlación interhemisférica de alfa 2, mayor PA de beta 1 y mayor proporción de theta y de beta 1.

2) En la fase ovulatoria (días 13-14), se observó la peor ejecución en la *fluidez verbal*, medida por el menor número de palabras generadas, y la mejor ejecución de la *localización espacial*, medida por la menor distancia en mm. La ejecución de estas tareas que covariaron juntas significativamente, se pueden asociar paralelamente con menor PA de delta y beta 1 y con menor proporción de theta de la actividad de la línea base. En la fase lútea tardía (días 24-25), ocurrió la peor ejecución de la localización, medida por la mayor distancia en mm, y la mejor ejecución en la fluidez verbal, medida por el mayor número de palabras generadas.

3) En la fase ovulatoria (días 13-14) se observó la peor ejecución en la *habilidad motora* medida por el menor tiempo y menor número de errores y se asoció con menor PA de beta 1, mayor proporción de delta y de theta de la actividad de la línea base. En la fase lútea tardía (24-25) se observó la peor ejecución medida por mayor tiempo y número de errores, que se asoció con mayor PA de alfa 1 y alfa 2 y menor de beta 1, mayor proporción de delta y menor proporción de theta y beta 1.

En la evaluación del estado de ánimo durante el ciclo menstrual se concluyen las siguientes relaciones:

1) El índice de depresión cognoscitiva mostró cambios dependientes de las fases del ciclo menstrual. En la fase lútea temprana (días 20-21) se observó mayor *índice de depresión cognoscitiva* que asoció con menor PA de alfa 1 y alfa 2 y mayor de beta 1, menor proporción de delta y mayor de theta y beta 1 y con menor correlación interhemisférica de alfa 2. La depresión menor se observó en la menstruación (días 1-2) y se asoció con mayor PA de alfa 1 y alfa 2 y menor de beta 1, menor proporción de delta y mayor de theta y mayor correlación interhemisférica de alfa 2 (Tabla 15).

2) El estado de ansiedad no mostró cambios significativos a lo largo del ciclo menstrual debido probablemente a que las mujeres no tenían tensión premenstrual. Sin embargo, se observó que la ansiedad tendió a ser mayor en la fase lútea temprana, cuando los niveles de estrógenos y de progesterona son altos y se asoció con menor potencia de alfa y menor correlación interhemisférica de alfa y mayor potencia de beta 1 (Tabla 15).

TABLA 15

RESUMEN DE LOS RESULTADOS SIGNIFICATIVOS DE LA ACTIVIDAD EEG REGISTRADA EN REPOSO Y SU RELACIÓN CON LA EJECUCIÓN DE LAS TAREAS COGNOSCITIVAS DURANTE LOS DIAS DEL CICLO MENSTRUAL

CICLO ACTIVIDAD EEG EN REPOSO EJECUCIÓN DE TAREAS COGNOSCITIVAS ESTADOS DE ANIMO

	Potencia Absoluta	Potencia Relativa	Correlación Interhemisf	Vigilancia	Fluidez Verbal	Localización de una X	Coordinación Motora	Depresión	Ansiedad
Días 13-14	↑ Alfa 1 ↓ Beta 1	↑ Delta ↓ Theta ↓ Beta 1	↑ Alfa 2	↑ T. Reacción ↑ Errores ↑ Omisiones ↓ Aciertos Peor	Peor *	Mejor *	Mejor *	Moderada	Menor n.s.
Días 20-21	↓ Alfa 1 ** ↓ Alfa 2 ** ↑ Beta 1 **	↓ Delta ** ↑ Theta ** ↑ Beta 1 **	↓ Alfa 2 **	↓ T. Reacción ↓ Errores ↓ Omisiones ↑ Aciertos Mejor *	Mejora	Empeora *	Empeora	Severa *	Mayor n.s.
Días 24-25	↑ Alfa 1 ** ↑ Alfa 2 * ↓ Beta 1 *	↑ Delta ** ↓ Theta * ↓ Beta 1 **	↓ Alfa 2	↑ T. Reacción ↑ Aciertos ↓ Errores ↓ Omisiones Mejor pero Lenta	Mejor *	Peor *	Peor *	Moderada	Menor n.s.
Días 1-2	↑ Alfa 1 ** ↑ Alfa 2 ** ↓ Beta 1	↓ Delta ** ↑ Theta * ↓ Beta 1	↑ Alfa 2 **	↓ T. Reacción ↓ Aciertos ↓ Errores ↓ Omisiones Ligera Mejoría	Ligero Empeoramiento	Ligera Mejoría	Ligera Mejoría	Media *	Menor n.s.

* $p < 0.05$

** $p < 0.01$

DISCUSION

Los resultados de este trabajo indican que existen cambios a lo largo del ciclo menstrual en la ejecución de tareas de vigilancia, habilidad motora, visualización espacial y fluidez verbal y en la actividad electroencefalográfica tanto en la potencia absoluta como en la relativa y en la correlación interhemisférica e intrahemisférica durante la ejecución de la tarea que involucra funciones del lóbulo frontal así como en la actividad EEG registrada en reposo. Las variaciones en la actividad EEG y en la ejecución mostraron fluctuaciones relacionadas con las diferentes fases del ciclo menstrual sugiriendo que los cambios se deben probablemente a la acción de las hormonas gonadales sobre el sistema nervioso central. La mejor ejecución en la tarea toma de decisiones ocurrió en la fase lútea temprana y se asoció con mayor potencia absoluta de las bandas de theta, alfa 2, beta 1 y beta 2, con mayor potencia relativa de las bandas de alfa 1 y beta 1 y con mayor correlación interhemisférica de las bandas de theta y alfa 2 de la actividad EEG, mientras que la peor ejecución ocurrió en la fase lútea tardía y se asoció con menor potencia de las bandas de theta, alfa 2, beta 1 y beta 2, con menor potencia relativa de las bandas de alfa 1 y beta 1 y con un decremento en la correlación interhemisférica de las bandas de theta y alfa 2 de la actividad EEG.

Aunque no se obtuvieron muestras plasmáticas para determinar las concentraciones de hormonas gonadales, el incremento en la temperatura basal ocurrido durante la fase lútea, que es considerado como un índice de ovulación debido a que está asociado con la liberación de progesterona por el cuerpo lúteo (Bonnar, 1982), permitió inferir que las mujeres que participaron en el estudio tuvieron ciclos ovulatorios. Este incremento en la temperatura basal y la regularidad con que se presentó el sangrado menstrual, permiten suponer que dichas hormonas mostraron las fluctuaciones cíclicas típicas y por lo tanto se pueden establecer relaciones con los cambios electroencefalográficos observados durante la ejecución de las tareas cognitivas.

Ninguna de las mujeres que participaron en el estudio mostró síntomas severos en el cuestionario de trastornos premenstruales que se les aplicó antes de iniciar el estudio, aunque todas ellas manifestaron trastornos premenstruales menores como se ha encontrado en otros estudios (Metcalf y cols., 1989).

La selección de la muestra de estudio se obtuvo mediante el procedimiento de selección en bloques, que es una de las formas de elección más frecuente en la investigación fisiológica y clínica. Con este método se elige la muestra que se tiene "más a la mano", que por lo general son individuos disponibles que se preocupan más por su salud y tienen mejor nivel cultural, lo cual distorsiona en cierta medida la representatividad del universo y la generalización de los resultados. Sin embargo, este tipo de muestro en la investigación es necesario e inevitable. Sus debilidades pueden ser reducidas a través del conocimiento, la experiencia y el cuidado en la selección de muestras y mediante la repetición de estudios en diferentes muestras (Kerlinger, 1987, pag. 135). El tamaño de la muestra utilizado en el presente estudio fue pequeña $N= 9$, pero las mujeres participantes fueron medidas cuatro veces cada una durante un ciclo menstrual. A pesar del tamaño pequeño de la muestra, los análisis efectuados mostraron diferencias significativamente altas tanto en la ejecución de las tareas así como en la actividad EEG, probablemente debido al empleo de un diseño de medidas repetidas y la baja variabilidad de la actividad EEG (Corsi y cols., 1997). Algunas bandas de la actividad EEG no alcanzaron los niveles de significancia deseados ($p < 0.05$), debido quizás al tamaño de la muestra. Sin embargo, las tendencias observadas permiten suponer que con un tamaño de muestra más grande estas tendencias se alcanzarían niveles significativamente altos.

Ejecución de Tareas

El análisis de componentes principales realizado con los puntajes de la ejecución de cada una de las tareas mostró cinco componentes que explicaron el 68.31 % de la varianza total indicando la existencia de variables que covarían juntas y otras que covarían de manera independiente: el primer componente estuvo formado por la tarea de vigilancia, el segundo por la prueba de figuras empotradas, el tercero por la depresión, el cuarto por la tarea de toma de decisiones y el quinto por las tareas de fluidez verbal y de visualización espacial. El primero y el quinto de los componentes fueron significativos cuando se buscó diferencias significativas durante las cuatro etapas del ciclo menstrual. La fluidez verbal y la tarea de localización se agruparon en el componente cinco lo cual indica que la ejecución de estas tareas covaría de manera dependiente durante el ciclo menstrual, en la fase lútea tardía la ejecución de la fluidez verbal fue mejor y la de localización fue peor y viceversa.

En el caso del primer componente que estuvo formado sólo por la tarea de vigilancia, también se observó una covarianza entre los diferentes parámetros que mide la prueba; en la fase lútea temprana la ejecución fue buena, medida por mayor número de aciertos, pocos errores y omisiones y tiempo de reacción rápido, mientras que en la fase lútea tardía el número de aciertos fue alto y el número de errores y omisiones fue bajo, pero con el tiempo de reacción lento.

Actividad EEG en la Línea Base y su Relación con la Ejecución de Tareas

Los cambios en la actividad EEG en reposo en la condición de ojos abiertos durante las diferentes etapas del ciclo menstrual observados en el presente estudio, coinciden con los cambios cíclicos observados previamente (Solís y cols., 1994), con lo cual se confirma que la potencia y correlación del EEG son variables sensibles a la fluctuaciones hormonales y coincide con las acciones propuestas de las hormonas gonadales sobre el SNC.

En la fase ovulatoria (días 13-14), cuando los niveles de estrógenos son altos, la actividad EEG de la línea base, se caracterizó por mayor potencia absoluta de alfa 1 y menor de beta 1, mayor proporción de delta y menor de theta y beta 1 y mayor correlación interhemisférica de alfa 2. En esta fase ocurrió la mejor habilidad motora y localización espacial, la peor ejecución de la tarea de vigilancia y de fluidez verbal y depresión moderada.

En la fase lútea temprana (días 20-21), cuando los niveles de estrógenos y progesterona son altos, se observó mayor potencia absoluta de beta 1 y menor de alfa 1 y alfa 2, mayor proporción de theta y beta 1 y menor de delta y menor correlación interhemisférica de alfa 2. En esta fase ocurrió la mejor ejecución de la tarea de vigilancia y depresión severa.

En la fase lútea tardía (días 24-25), cuando disminuyen los niveles hormonales, se observó un incremento de la potencia absoluta de alfa 1 y alfa 2 y menor de beta 1, mayor proporción de delta y menor de theta y beta 1 y menor correlación interhemisférica de alfa 2. En esta fase ocurrió la peor ejecución motora y localización espacial y la mejor ejecución de la fluidez verbal. El índice de depresión fue moderado.

En la menstruación (días 1-2), cuando los niveles hormonales también son relativamente bajos, se observó un incremento de la potencia absoluta de alfa 1 y alfa 2 y una disminución de beta 1, un decremento en la proporción de delta y beta 1 y un incremento en la proporción de theta y un incremento en la correlación de alfa 2. En esta etapa ocurrió el menor índice de depresión y un ligero mejoramiento en la vigilancia, habilidad motora y en la localización espacial. El índice de depresión fue medio.

Tarea Motora

Las mujeres que participaron en el estudio, mostraron la mejor ejecución en las tareas motora y de localización espacial en la etapa ovulatoria y la peor ejecución de estas tareas en la fase lútea tardía. La mejor habilidad motora fina observada en este estudio, es consistente con otros resultados obtenidos con la ejecución de tareas similares (Zimmerman y cols., 1988; Hudgens y cols., 1988; Hampson, 1990), con lo que se confirma la variación de esta habilidad dependiente de las fases del ciclo y por lo tanto de la acción facilitatoria de los estrógenos sobre los procesos cognoscitivos en la mujer. Los efectos activadores de los estrógenos sobre ciertas actividades motoras se han observados en otras especies. Por ejemplo, en estudios realizados en ratas se observó que la actividad exploratoria y correr en la rueda giratoria varió dependiendo del ciclo estral en las hembras y que ambos tipos de conductas se incrementaron con la administración de estrógenos (Beatty, 1979). En ratas ovariectomizadas, el implante de estrógenos en el estriado mejoró una tarea de correr en una viga a las cuatro horas de su administración (Becker y cols., 1987). Las hormonas esteroides también son capaces de modular la actividad en el estriado de humanos, puesto que la disquinesia mejora con el tratamiento crónico de estrógenos (Koller y cols., 1982) y los anticonceptivos orales inducen movimientos coreicos reversibles en mujeres susceptibles (Nausieda y cols., 1979).

El empeoramiento de la habilidad motora en la fase lútea tardía coincide con los resultados obtenidos por otros autores. Jensen (1982) observó que la ejecución de una tarea de perseguir una rueda móvil fue peor en la fase premenstrual. En varias medidas de velocidad manual y coordinación motora como mantener fijo el movimiento del músculo del brazo (Zimmerman y cols., 1988) y sostener un objeto con la mano sin moverlo (Hudgens y cols., 1988), se observó la peor ejecución en la fase premenstrual o lútea tardía.

Tarea de Localización

En la etapa ovulatoria, también fue mejor la ejecución de la tarea de localización, una forma de orientación espacial en la que las mujeres muestran gran ventaja comparadas con los hombres, puesto que son capaces de recordar la localización exacta de objetos colocados en un tablero con mayor precisión que los hombres. Además, las mujeres también muestran ventajas en tareas de velocidad perceptual y exactitud, definida como la habilidad para percibir rápidamente y con exactitud detalles visuales de letreros (Hampson y Kimura, 1992; Gorman, 1992). Este resultado no es consistente con los observados por otros autores que utilizaron la misma tarea y no observaron variaciones significativas durante el ciclo menstrual (Gordon y cols., 1986).

La mayoría de los estudios de habilidad espacial están de acuerdo en que altos niveles de estrógenos se asocian con baja habilidad espacial tanto de visualización como de orientación (Klaiber y cols., 1974; Wuttke y cols., 1975; Dor-Shav, 1976). En la mujer adulta los niveles de estradiol varían con el ciclo menstrual (Vermeulen, 1976). Los valores de estradiol en plasma son relativamente bajos (20-50 pg/ml) durante la fase temprana del ciclo, mientras que son relativamente altos (50-100 pg/ml) en la fase tardía del ciclo menstrual (Abraham y cols., 1971; Klaiber y cols., 1974). Komnenich y cols. (1978) observaron que las mujeres mostraron una gran dependencia de campo en la tarea de figuras empotradas durante la fase preovulatoria del ciclo (días 11-14) cuando los niveles de estrógenos son altos. En otro estudio, Hampson y Kimura (1988) observaron que la peor ejecución en la tarea de barra y marco ocurrió durante los niveles altos de estradiol comparada cuando estos niveles fueron bajos. Gordon y cols. (1986) observaron que la hormona folículo estimulante (HFE) se correlacionó negativamente con una tarea de orientación (rotación espacial de cubos idénticos y uno en espejo) y que pueden conducir a una inhibición o facilitación permanente o temporal de la habilidad espacial. Sin embargo, estas tareas involucran un tipo de habilidad espacial en que las mujeres muestran marcada inferioridad perceptual (Sanders y cols., 1982) mientras que la habilidad medida en el presente estudio se asemeja más a las tareas que favorecen a la mujer (Hampson y Kimura 1992; Gorman, 1992).

Por otro lado, Nyborg (1983) propuso la teoría del "rango óptimo de estrógenos" para explicar los cambios en la ejecución espacial durante el ciclo menstrual. Esta teoría considera que bajas concentraciones de estradiol durante la fase menstrual conducen a incrementar la habilidad espacial en algunas mujeres, mientras que altas concentraciones de estradiol durante otras fases del ciclo pueden resultar en un incremento en la excitación central y un empeoramiento en la habilidad espacial.

Aunque en el presente estudio no se tomaron muestras plasmáticas para determinar las concentraciones de estradiol en sangre, los resultados obtenidos en la tarea de localización, concuerdan con la teoría propuesta por Nyborg y con los resultados obtenidos por Hampson (1990). Esta autora observó una relación curvilínea significativa entre los niveles de estradiol en suero y la prueba de relaciones espaciales de la prueba de Aptitudes Diferenciales de Bennett, que requiere del uso de habilidades de visualización y orientación espacial (McGee, 1979), semejantes a las utilizadas para ejecutar la tarea de localización espacial empleada en el presente estudio. Asimismo, también concuerda y con los efectos activadores no específicos de las hormonas esteroides propuestos por Hoyenga y Hoyenga (1979). De acuerdo con esta teoría activadora, las hormonas afectan temporalmente el nivel general de actividad en muchas partes del cerebro ya sea por influencia sobre los neurotransmisores (Kobayashi y cols., 1966), o por la inhibición de la MAO (Broverman y cols., 1968). También se ha observado que los niveles de estradiol y testosterona, al parecer incrementan la actividad cerebral (Hoyenga y Hoyenga, 1979). De esta manera, poca actividad cerebral puede causar ejecución pobre de tareas que requieren habilidad espacial, y mucha actividad cerebral puede también ser perjudicial debido a que muchas tareas de habilidad espacial exigen alguna inhibición en la respuesta (Broverman y cols., 1968).

En el presente estudio, la actividad EEG registrada en reposo, mostró mayor correlación interhemisférica de alfa 2, mayor potencia absoluta de alfa 1 y relativa de delta y menor potencia absoluta y relativa de beta 1 y de theta en la etapa ovulatoria comparada con la fase lútea temprana, y esto se puede asociar paralelamente con la mejor localización espacial y habilidad motora observadas durante esta etapa del ciclo. La correlación interhemisférica relativamente mayor indican gran similitud entre las regiones frontales y

centrales y por lo tanto una organización global homogénea y mayor grado de acoplamiento temporal entre regiones izquierdas y derechas que podría facilitar la localización espacial y la habilidad motora. Cuando disminuye la correlación, es decir disminuye el acoplamiento temporal en la fase lútea temprana, la habilidad motora y la localización espacial empieza a empeorarse significativamente y alcanzan el puntaje peor en la fase lútea tardía. En estudios realizados con hombres o mujeres también han observado relaciones entre la actividad EEG registrada en la línea base y la ejecución de tareas de habilidad espacial. Furst (1976) observó que la línea base de la actividad EEG estuvo correlacionada con ejecución espacial acertada; Ray y cols. (1981) encontraron alta correlación entre la actividad registrada en reposo y la habilidad para resolver problemas espaciales; Corsi-Cabrera y cols. (1989), observaron correlaciones significativas entre habilidades cognoscitivas y la correlación interhemisférica con ojos cerrados en mujeres, a mayor correlación, mayor habilidad.

Tarea de Vigilancia

En el caso de la tarea de vigilancia, cuya ejecución incluye tiempo de reacción para discriminar patrones visuales, se observó la mejor ejecución durante la fase lútea temprana y la peor durante la fase ovulatoria. La ejecución óptima se asoció con un incremento de la actividad rápida (mayor potencia de beta1) y decremento de la actividad lenta (menor potencia absoluta y relativa de delta y alfa) durante la fase lútea temprana, mientras que la peor ejecución se asoció con un predominio de actividad lenta (mayor potencia absoluta de alfa 1 y relativa de delta) y menor actividad rápida (menor potencia de beta) registrada en la etapa ovulatoria. Estos resultados no coinciden con el estudio realizado por Becker y cols. (1982), quienes observaron que tiempos de reacción más cortos para ejecutar diversas pruebas de habilidad se correlacionaron con mayor actividad alfa registrada en reposo en la etapa premenstrual del ciclo, mientras que tiempos de reacción más largos se correlacionaron con menor actividad alfa.

El ritmo beta, conductualmente se ha asociado con focalización de la atención, con preocupación y con estados de alertamiento (Steriade, 1993) y se ha considerado como un reflejo de los niveles de activación general. De acuerdo con esto, la peor vigilancia en la etapa ovulatoria se relaciona posiblemente con la actividad EEG lentificada registrada en reposo en las áreas fronto centrales. El flujo sanguíneo medido por medio de la técnica de

tomografía por emisión de positrones (PET) muestra también un incremento en los lóbulos frontal y parietal derecho durante el estado de alerta, por lo que estas regiones parecen ser parte de la red neuronal responsable del mantenimiento del estado de alerta mediante la inhibición de estímulos irrelevantes. El lóbulo frontal derecho es probablemente el más involucrado en la vigilancia, puesto que pacientes con lesiones en este lóbulo muestran deficiencias en la ejecución de tareas que requieren de vigilancia y atención sostenida (Posner y Raichle, 1994). Estos cambios probablemente se deban a la acción de la norepinefrina, un neurotransmisor liberado por neuronas cuyos núcleos están en el locus coeruleus. Además de ser un neurotransmisor excitatorio y una hormona, es un neuromodulador, implicado en los procesos de activación, vigilia, activación emocional, sueño, aprendizaje, memoria y mantenimiento del estado de alerta (Rosenzweig y Leiman, 1992).

El mayor número de errores y el tiempo de reacción lentificado presentado en la etapa ovulatoria y se asoció con menor potencia de beta, mientras que la ejecución de la vigilancia fue mejor cuando los niveles de estrógenos y progesterona son altos durante la etapa lútea temprana y se asoció con mayor potencia absoluta y relativa de beta 1 y theta y menor potencia absoluta de alfa y menor potencia relativa de delta. Esto probablemente es debido a la acción conjunta de los estrógenos y de la progesterona, ya que por una parte, los estrógenos tienen acción excitadora, y la progesterona, que tiene efectos inhibitorios favorece por un lado, el nivel de alerta y por el otro la inhibición de estímulos irrelevantes, mientras que la acción sola de los estrógenos parece no favorecer la ejecución de esta tarea.

Tarea de Fluidez Verbal

En la etapa ovulatoria también se observó un empeoramiento de la fluidez verbal que mejoró en la fase lútea tardía, cuando los niveles de estrógenos y progesterona son relativamente bajos. La ejecución de tareas de habilidad verbal simple (nombrar colores, repetir sílabas), conocida como articulación hablada, han mostrado ser mejor durante la etapa preovulatoria y en la fase lútea temprana, mostrando una relación consistente con niveles hormonales de estrógenos y progesterona (Broverman y cols., 1981; Hampson, 1990). Sin embargo, la habilidad verbal compleja (generación de palabras) analizada en el presente estudio, que requiere de un nivel de procesamiento diferente al automatizado, no

mostró esa relación. Al contrario, ésta empeoró cuando los niveles de estrógenos son altos y mejoró significativamente cuando los niveles de ambas hormonas disminuyen. Un resultado similar, aunque no significativo, fue obtenido por Gordon y cols. (1986), quienes observaron que la ejecución en la fluidez verbal tendió a ser peor en la fase folicular y mejor en la menstruación. Hartley y cols. (1987) observaron también que la velocidad de razonamiento verbal en oraciones más complejas fue más lenta en la ovulación. Aunque en otro estudio realizado por los mismos autores (Gordon y cols., 1986) encontraron que la hormona estimulante del folículo (FHS) y la hormona luteinizante (LH) estuvieron correlacionadas positivamente con la generación de palabras y de categorías.

Aunque no existen estudios que asocien la fluidez verbal con la actividad EEG durante el ciclo menstrual en la mujer, diversos estudios con la técnica de tomografía de emisión de positrones (PET), han mostrado que durante la ejecución de una tarea de generación de verbos, una tarea similar a la generación de palabras, donde el sujeto tiene que pensar un verbo y darle un uso apropiado con un nombre o sustantivo, se activan la corteza frontal izquierda, la corteza del cíngulo anterior, el lóbulo temporal izquierdo y el hemisferio cerebelar derecho. Cuando los sujetos clasifican visualmente palabras en categorías, también se observa activación frontal, aunque menor (Posner y Raichler, 1994). En el presente estudio, la menor potencia de beta y menor proporción de theta y beta y mayor proporción de delta observada en reposo durante la etapa ovulatoria, indica menor activación frontal que se podría asociar con peor fluidez verbal.

A los estrógenos, se les ha atribuido diversas acciones complejas sobre el sistema nervioso central. Aunque no se conoce con precisión el mecanismo neuroquímico involucrado en los procesos cognoscitivos y su relación con la hormonas esteroides en las mujeres, en especies no humanas, hay evidencia de que los estrógenos ejercen influencia transitoria en la actividad cerebral regional a través de una variedad de efectos neuroquímicos y de neuroexcitabilidad (McEwen y cols., 1984), que pueden explicar en parte los cambios en la ejecución cognoscitiva y en la actividad EEG observados en el presente estudio. Los estrógenos pueden producir incremento en la biodisponibilidad de la norepinefrina en el SNC e inducir cambios en los receptores noradrenérgicos, serotoninérgicos y dopaminérgicos (Oppenheim, 1984). Los estrógenos estimulan la

densidad en los receptores 5-hidroxitriptamina_{2A} (5-HT_{2A}) incrementándolos en el cíngulo anterior, lóbulo frontal (Sumner y Fink, 1995), corteza prepriforme, tubérculo olfatorio, núcleo acumbens y en las áreas dorso lateral del núcleo del rafe, áreas del cerebro involucradas con el control del estado de ánimo, procesos cognoscitivos, emoción y conducta (Fink y cols., 1996); incrementan la regulación de los receptores del ácido γ -aminobutírico (GABA) en regiones del hipocampo, núcleo caudado, bulbo olfatorio y corteza (Maggi y Perez, 1984), por medio de una interacción directa con el gen del receptor a GABA o con genes involucrados en el metabolismo de los receptores a GABA (Maggi y Perez, 1986). Los estrógenos o la testosterona por conversión a estrógenos inducen o mantienen la memoria social y olfativa que involucra un incremento en la expresión del neuropéptido vasopresina arginina en la base del núcleo de la estría terminalis y que se proyecta a la habenula lateral y septum (Fink, 1996). El tratamiento crónico con estrógenos, en cambio produce una reducción en la densidad de los receptores GABA en el estriado, hipocampo y corteza cerebral, asociándose con una disminución en la transmisión gabaérgica (Hamon y cols., 1983) e induce un incremento en la densidad de los receptores D₂ dopamiérgicos en el estriado como consecuencia del efecto estimulante del esteroide sobre la liberación de la prolactina (Hruska y cols., 1980).

Por otro lado, la progesterona y sus metabolitos, alopregnanolona y pregnanolona, tienen efectos ansiolíticos, anestésicos, hipnóticos, anticonvulsivantes moduladores de los receptores GABA_A y contribuyen o median algunos efectos conductuales. En la mujer, altos niveles de alopregnanolona se han correlacionado con niveles de progesterona en sangre durante la fase lútea del ciclo menstrual (Purdy y cols., 1990).

De acuerdo con los resultados obtenidos, el presente trabajo añade información sobre la acción facilitadora de los estrógenos en actividades que requieren de cierta excitabilidad sin tanta inhibición como la habilidad motora y localización espacial, cuya ejecución es hasta cierto punto automatizada, y sobre la acción facilitadora, a través de la potenciación con la progesterona de procesos que requieren de discriminación y de atención sostenida como la vigilancia, cuya ejecución requiere de sostener la atención y de inhibir estímulos irrelevantes.

Estas deficiencias en la ejecución de tareas que requieren de cierta habilidad motora, se asoció con un decremento en los estrógenos y en la potencia absoluta y relativa de la banda de beta 1 y con niveles todavía más altos de progesterona y con incremento de actividad EEG lenta (delta y alfa 1). Estos resultados coinciden con los resultados descritos por Freeman y cols. (1993). Estos autores observaron que altos niveles de allopregnanolona y de pregnanolona se correlacionaron con una lentificación en la ejecución motora en una tarea de copiar símbolos, además de fatiga y confusión.

El decremento de la banda de beta de la actividad EEG registrada en la fase lútea tardía, una banda que se ha relacionado con activación general, puede estar reflejando un decremento en la excitabilidad del sistema nervioso central causado por la progesterona, puesto que se ha demostrado que este esteroide tiene propiedades depresivas y decrementa la excitabilidad cerebral (Heuser, 1967; Gyermek y cols., 1968).

Actividad EEG Durante la Toma de Decisiones

Tanto la ejecución como la actividad EEG registrada durante la ejecución de la tarea "toma de decisiones" mostraron cambios dependientes de las fases del ciclo menstrual. La ejecución de la tarea de toma de decisiones, evaluada con la prueba Wisconsin Card Sorting Test, fue mejor en la fase lútea temprana, cuando los niveles de estrógenos y de progesterona son altos y se asoció con mayor potencia absoluta de las bandas de theta, alfa 2, beta 1 y beta 2, con mayor potencia relativa de las bandas de alfa 1 y beta 1 y con mayor correlación interhemisférica de las bandas de theta y alfa 2. La ejecución en esta prueba fue peor en la fase lútea tardía, cuando disminuyen ambas hormonas y se asoció con un decremento de la potencia absoluta de las bandas de theta, alfa 2, beta 1 y beta 2, con un decremento en la potencia relativa de las bandas de alfa 1 y beta 1 y con un decremento en la correlación interhemisférica de las bandas de theta y alfa 2.

La dificultad en la ejecución observada en la fase lútea tardía, coincide en parte con los pocos estudios que han evaluado la ejecución de tareas que requieren de alguna función del lóbulo frontal. Lord y Taylor (1991) observaron un incremento en la interferencia para nombrar colores (prueba de Stroop) durante la etapa premenstrual comparada con la fase folicular; Kennan y cols. (1992) que utilizó la misma prueba, observó un incremento de errores y mayor rapidez para nombrar los colores y deficiencias en el aprendizaje de nuevo

material en la fase lútea; Brugger y cols. (1993) observaron un incremento significativo en el conteo repetido de secuencia generadas durante la etapa premenstrual en la prueba de generación de números al azar.

Aunque no existen estudios de actividad EEG que hayan evaluado funciones del lóbulo frontal durante el ciclo menstrual, en un estudio realizado en un grupo de mujeres con síntomas premenstruales, a quienes se les administró primero un depletor hormonal para disminuir los niveles hormonales y posteriormente estrógenos y progesterona, se les evaluó el flujo sanguíneo con la técnica de tomografía por emisión de positrones (PET) durante la ejecución de la prueba WCST. Se observó que el flujo sanguíneo tendió a incrementarse en el área izquierda del cíngulo anterior con el tratamiento de progesterona durante la ejecución de la prueba (Berman y cols., 1994). Estos resultados coinciden en parte con los obtenidos en el presente estudio, puesto que la mejor ejecución en la toma de decisiones evaluada con la prueba "Wisconsin Card Sorting Test" se observó en la fase lútea temprana, cuando el nivel de progesterona es más alto que el nivel de estrógenos alrededor del día 20 del ciclo (Ferin y cols., 1973). En esta etapa, las mujeres participantes realizaron una secuencia correcta empleando el menor número de ensayos correctos y cometieron menos errores perseverativos. La actividad EEG registrada durante esta mejor ejecución se caracterizó por mayor actividad EEG (potencia absoluta de theta, alfa 2, beta 1 y beta 2, con mayor proporción de alfa 1 y beta 1 y mayor correlación interhemisférica de las bandas de theta y alfa 2) registrada en las áreas frontales, que podría relacionar con los efectos moduladores de la progesterona, puesto que se han encontrado receptores intracelulares a progesterona en los lóbulos frontales y receptores inducidos por estrógenos en la región CA1 del hipocampo, estructura involucrada en la memoria (Parsons y cols., 1982).

En la mujer no se conoce con precisión el mecanismo modulador de la progesterona sobre la ejecución de tareas de memoria de trabajo en las que requiere de la participación de los lóbulos frontales y del hipocampo. Sin embargo, se ha observado en la rata que la administración de progesterona rápidamente potencia la formación de espinas inducidas por estrógenos en las neuronas de CA1 del hipocampo y cuando el nivel de estrógenos disminuye, ocurre una disminución lenta en la regulación de espinas dendríticas (McEwen y cols., 1997) y es probable que en la mujer ocurra un proceso similar. Además, en ratones

machos, la administración intracerebroventricular de pregnanolona, sulfato de pregnanolona y otros esteroides derivados metabólicamente de ellos, produce mejoramiento en la capacidad de la memoria para evitar un choque en las patas. Se conoce que estos esteroides son agonistas del complejo GABA-Benzodiazepinas (Majewska, 1987).

El decremento en la potencia absoluta de las bandas de theta, alfa 2, beta 1 y beta 2, la proporción de las bandas de alfa 1 y beta 1 y la correlación interhemisférica de las bandas de theta y alfa 2 observado durante la mayor dificultad para tomar decisiones en la fase lútea tardía, refleja un decremento global en la actividad EEG, debido probablemente, al retiro súbito de la acción moduladora de la progesterona y del efecto excitatorio de los estrógenos (Woolley y McEwen, 1993). El decremento en la actividad EEG en las áreas frontales del cerebro, que están involucradas en la ejecución de tareas que requieren de la memoria de trabajo, podría ser responsable de la ejecución deficiente en esta tarea.

En particular, el decremento observado en la actividad alfa y beta asociada con la peor ejecución en la toma de decisiones en la fase lútea tardía, puede indicar una disminución en la atención y en la activación focalizada. La banda de beta se ha relacionado con activación difusa y atención focalizada (Steriade, 1990) y se ha observado durante la atención focalizada previa a la ejecución de una tarea compleja (Sheer, 1984). Asimismo, un aumento de alfa se ha observado durante la ejecución de tareas de atención (Ray y Cole, 1985) y durante la respuesta a estímulos visuales o concentración en imágenes visuales (Mulholland, 1969). De acuerdo con estos hallazgos, la peor ejecución en la toma de decisiones observada en la fase lútea tardía, sugieren deficiencias en la atención y en la activación durante una fase caracterizada por bajos niveles hormonales. Además, es importante señalar, que la dificultad de la tarea, se reflejó en el mayor número de ensayos correctos que emplearon las mujeres participantes para lograr realizar una secuencia correcta en la prueba Wisconsin Card Sortig Test, lo que sugiere un deterioro en la función del lóbulo frontal.

La prueba WCST utilizada en el presente estudio, requiere que los sujetos tomen decisiones para seleccionar la respuesta adecuada de entre varias respuestas alternativas a los estímulos color, forma o número de las cartas de acuerdo a un criterio específico; esto implica un proceso de búsqueda guiada. Diversos estudios electrofisiológicos en monos y

de neuroimagen en humanos, indican que las áreas frontales son las que sirven para guiar la búsqueda de alternativas, que al parecer involucra una red neuronal que incluye porciones últimas de los ganglios basales y la circunvolución del cíngulo anterior (Posner y Raichle, 1994). La porción anterior de la circunvolución del cíngulo parece estar involucrada en un amplio rango de actividades que han sido llamadas "funciones ejecutivas" (Vogt y cols., 1992). Este sistema de atención ejecutiva, podría ocuparse de hacer selecciones entre varias alternativas complejas que compiten entre si para escoger la respuesta apropiada (Posner y Raichle, 1994). Estudios con la técnica PET muestran la activación del cíngulo anterior en la ejecución de pruebas en las que se requiere de la selección un blanco desde entradas de información en competencia como por ejemplo: responder al color de la tinta que esta en conflicto con el color del nombre (efecto Stroop), nombrar el uso familiar de un sustantivo (Posner y Raichle, 1994), detectar múltiples colores, formas o movimiento (señas) comparada con la observación pasiva de los mismos estímulos (Corbetta y cols., 1991), planeación, error en la detección y en respuesta a un estímulo novedoso o difícil (Posner y Raichle, 1994). Se ha propuesto que el cíngulo anterior esta relacionado con la atención focal a estímulos sensoriales y se ha propuesto que es el lugar donde se ejerce un control sobre el procesamiento de información, que opera en conjunto con otras áreas frontales que están involucradas en la representación de información en la ausencia de un estímulo evento. En estudios neurofisiológicos realizados con monos, se ha observado que una área lateral de la corteza prefrontal superior es la que mantiene la posición espacial de eventos visuales en la memoria cuando han sido retirados de la vista (Funahashi y cols., 1993; Wilson y cols., 1993). Otros estudios con la técnica de PET (Jonides y cols., 1993; Paulesu y cols., 1993) también muestran que las áreas laterales de la corteza prefrontal juegan un papel en mantener la representación en línea de eventos pasados (Jonides y cols., 1993; Paulesu y cols., 1993). Se cree que estas áreas operan con el cíngulo anterior para producir la *memoria de trabajo*, la cual, se piensa que involucra representaciones de eventos pasados y un sistema ejecutivo involucrado en sostener y transformar esta representación (Baddeley, 1990). En personas normales, se ha observado con la técnica de PET que durante la ejecución de una prueba que requiere de la memoria de trabajo se activan selectivamente las áreas prefrontales (Berman y cols., 1991).

En el presente estudio, la toma de decisiones fue evaluada con la prueba neuropsicológica Wisconsin que requiere del uso de la memoria de trabajo para tomar la información que entra a través del sistema sensorial (colores, formas y números) y retenerla en línea por unos segundos mientras se planea la respuesta que conduce a encontrar la regla o principio que rige el sorteo. Dehaene y Changeux (1991) han propuesto un modelo de red neuronal para la prueba Wisconsin que establece seis sistemas cognoscitivos diferentes que se distinguen de acuerdo a la manera en que lo sujetos seleccionan una nueva regla. Estos incluyen el azar, el razonamiento, la memoria y un proceso óptimo en el que se razona los ensayos negativos y los positivos y se memorizan las reglas rechazadas. El uso inadecuado de estas estrategias pueden indicar deterioro en los procesos de codificación de la información que han sido utilizados como indicativo de deficiencias en el funcionamiento del lóbulo frontal (Kennan y cols., 1992). En la fase lútea tardía, las mujeres que participaron en el presente estudio durante la toma de decisiones, mostraron un incremento significativo de ensayos correctos, es decir, necesitaron realizar muchos ensayos para lograr una secuencia correcta, lo que indica que utilizaron principalmente estrategias de búsqueda al azar y de razonamiento pero hubo interferencia con la memoria para almacenar las reglas rechazadas. Esto indica deficiencia en el uso de la memoria de trabajo asociada con baja activación EEG en las áreas frontales.

En la mujer, se ha observado que las deficiencias en algunos aspectos específicos de la memoria covarían con niveles de hormonas sexuales durante el ciclo menstrual. Phillips y Sherwin (1992) observaron que la memoria visual se decrementó en la etapa menstrual, coincidiendo con decrementos en los niveles de estradiol y de progesterona comparada con la fase lútea temprana. En mujeres menopaúsicas que mostraban deterioros en la memoria relacionados con decrementos de estradiol mejoraron la memoria verbal evaluada por el recuerdo inmediato de un párrafo con el tratamiento de estrógenos (Phillips y Sherwin, 1992). En la ejecución de una prueba de memoria espacial (recordar la localización de objetos) se observó que fue mejor en la etapa ovulatoria que durante la menstruación (Postma y cols., 1999). Sin embargo, otros estudios que utilizaron pruebas que se han considerado paradigmas de memoria de trabajo como el recuerdo de series de números no encontraron diferencias significativas que pudiera asociarse con niveles de hormonales

(Cooper y cols., 1983; Ussher, 1987; Richardson, 1991), debido probablemente a que estas pruebas son insensibles para detectar variaciones en la memoria de trabajo durante el ciclo menstrual.

Diversos estudios realizados en monos muestran que las deficiencias en la memoria de trabajo se deben a deficiencias en el funcionamiento de la corteza prefrontal (Goldman-Rakic, 1991) debido a una reducción de la dopamina (Brozoski y cols., 1989) principalmente en los receptores D1 que (modulan) potencian los campos de memoria de las neuronas prefrontales los cuales se presume que son la base neuronal de la memoria de trabajo y que regulan los procesos mnemónicos (Williams y Goldman-Rakic, 1995). En la rata se ha observado que la dopamina induce facilitación de los receptores aminoácido excitatorio NMDA (N-metil-D-aspartate) que están involucrados en la formación de la potenciación a largo plazo en la región CA1 del hipocampo (Kandel y cols., 1995; Mayford y cols., 1996), y se ha demostrado que las interneuronas en la región CA1 del hipocampo contienen receptores intracelulares a estrógenos (Loy y cols., 1988) y a progesterona.

Estudios morfológicos han mostrado que los estrógenos inducen el crecimiento de dendritas en las neuronas CA1 del hipocampo y que esta densidad de espinas es mayor en la fase de proestro y disminuyen drásticamente durante el estro de la rata (McEwen y Woolley, 1994). Estos cambios cíclicos indican que la progesterona disminuye la regulación en la densidad de las espinas dendríticas inducidas por los estrógenos, puesto que se ha observado que la administración de progesterona potencia la formación de estas espinas dendríticas inducidas por estrógenos y que es bloqueada por un antagonista de progesterona (Woolley y McEwen, 1993).

La activación de receptores N-metil-D-Aspartato (NMDA) participa en la inducción de nuevas sinapsis por los estrógenos en la región CA1 del hipocampo. Se ha observado que el tratamiento con estradiol a largo plazo induce sitios de enlace en los receptores NMDA en la región CA1 del hipocampo (Weiland y cols., 1992) y enlaces con el receptor GABA_A en las interneuronas de la misma región (Orchinik y McEwen, 1994), por lo cual se piensa que los efectos de los estrógenos en la formación de sinapsis son indirectos y mediados a través de las interneuronas GABAérgicas.

Los receptores NMDA median importantes cambios morfológicos en el cerebro como eliminación de sinapsis, retracción de espinulas en las células de la retina, migración neuronal y protección de muerte celular (Orchinik y McEwen, 1994). Es posible que la inducción de nuevas sinapsis por la activación de receptores NMDA por los estrógenos sea el primer paso para el comienzo de una serie de eventos bioquímicos que conduzcan a la formación de sinapsis (McEwen, 1994). Además, se ha demostrado en ratas ovariectomizadas que la terapia de remplazo estrógenica incrementa la concentración proteica en los receptores NMDAR1 en el cuerpo y en las dendritas de las células piramidales CA1, así como en el cuerpo de las células granulosas del giro dentado (Gazzaley y cols., 1996), y que la administración de estradiol facilita la ejecución de tareas que requieren de la memoria de trabajo (O'Neal y cols., 1996; Denenberg, 1999).

Estos resultados descritos en la rata pueden explicar algunos de los procesos facilitatorios observados en las mujeres en el presente trabajo durante las etapas con altos niveles de estrógenos (ovulatoria y fase lútea temprana) en la ejecución de habilidades motoras, localización espacial, vigilancia continua y en la toma de decisiones, esta última que requiere de la memoria de trabajo. Por lo tanto, es de suponer que un decremento en la actividad moduladora estrógenica y de progesterona durante la fase lútea tardía en la mujer, induzca una reducción en la actividad de los receptores NMDA, que de alguna manera afecte la memoria de trabajo transitoriamente, produciendo una disfunción en el funcionamiento del lóbulo frontal.

Estados de Animo Durante el Ciclo Menstrual

El índice de ansiedad no mostró cambios significativos durante las cuatro etapas del ciclo evaluadas en las mujeres que participaron en el presente estudio que pudiera interferir, asociarse con la ejecución cognoscitiva o con la actividad EEG. Este resultado esta de acuerdo con aquellos estudios que no encontraron cambios cíclicos en el estado de ánimo a lo largo del ciclo menstrual con (Silbergeld y cols., 1971; Zimmermand y Parlee, 1973; Dan, 1980) y con aquellos que utilizaron la misma escala de Estado-Rasgo de Ansiedad de Spielberg y cols., 1970) para evaluar el estado de ansiedad (Golub y Harrington, 1981; Lahmeyer y cols., 1982) y que tampoco encontraron diferencias significativas.

La falta de significancia no se puede atribuir a problemas metodológicos como por los descritos por Asso (1983) y que se mencionan brevemente en la introducción. La escala de ansiedad utilizada en el presente estudio, es una escala que ha mostrado sensibilidad para detectar cambios en la ansiedad y se ha correlacionado significativamente con la actividad EEG durante el ciclo menstrual (Solís y Corsi, en revisión), por lo tanto el uso de esta escala fue adecuado para medir la ansiedad. El hecho de que la ansiedad no haya mostrado cambios como se hipotetizó, se debe probablemente a que las mujeres participantes no tenían síndrome de tensión premenstrual o a que se esforzaron por mostrar que se sentían bien. Esto ocurre con frecuencia en aquellas mujeres que atribuyen sus síntomas premenstruales al ciclo menstrual, a diferencia de aquellas que no están enteradas de sus síntomas y no se los atribuyen al ciclo (Rodin, 1976). En el presente estudio, el índice de ansiedad estuvo dentro de los límites normales y por lo tanto no mostró diferencias sustanciales durante el ciclo menstrual que pudiera interferir con la ejecución de tareas cognoscitivas.

Las mujeres que participaron en el presente estudio mostraron el mayor índice de depresión cognoscitiva en la fase lútea temprana y el menor en la menstruación, con lo cual se confirma la variación de este tipo de depresión durante el ciclo menstrual. Este cambio en la depresión se ha atribuido a la acción de las hormonas gonadales sobre las estructuras nerviosas que modulan el estado de ánimo. Aunque la mayoría de los estudios han descritos que la depresión aumenta en la fase lútea tardía (Hamilton y cols., 1988; Schmidt, 1990; Kennan, 1992) relacionada con la caída de los estrógenos y de la progesterona, los síntomas empiezan a manifestarse al inicio de la fase lútea temprana cuando los niveles de progesterona son altos, lo cual coincide con el presente estudio, y van aumentando progresivamente hasta alcanzar un pico máximo en la fase lútea tardía y se decrementa en la menstruación (Bancroft y Bäckström, 1985). Sin embargo, en el presente estudio, la depresión empezó a decrementarse en la fase lútea tardía hasta alcanzar el índice más bajo en la menstruación, lo cual no coincide con los resultados que se han descrito previamente. Dado que este índice de depresión fue bajo en la fase lútea tardía, es poco probable que interfiriera con la ejecución cognoscitiva como se esperaba. Al parecer el decremento de la

depresión durante la menstruación parece asociarse con una ligera mejoría en la ejecución de las pruebas de vigilancia, de localización espacial y en la habilidad motora.

CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran que la ejecución de las tareas de toma de decisiones, que requiere de la memoria de trabajo, de la habilidad motora, localización espacial y vigilancia continua es mejor en las fases ovulatoria y lútea temprana, cuando los niveles de estrógenos y de progesterona son altos y se asocian con mayor activación electroencefalográfica en las regiones frontales. Estos resultados sugieren los efectos facilitatorios que se han descrito para las hormonas gonadales sobre las funciones cognoscitivas.
- El empeoramiento de la tarea toma de decisiones durante la fase lútea tardía indica una búsqueda infructuosa de soluciones, lo que sugiere ya sea un fracaso para suprimir decisiones alazar y/o una deficiencia en la memoria de trabajo asociada con baja potencia y correlación interhemisférica de las regiones frontales durante esta fase del ciclo menstrual. Es posible que un decremento de la actividad moduladora estrógenica y de progesterona durante la fase lútea tardía, produzca cambios transitorios en el funcionamiento del lóbulo frontal que afecten a la memoria de trabajo.
- La localización espacial que fue mejor en la fase ovulatoria, cuando los niveles de estrógenos son altos, se relacionó con una correlación interhemisférica mayor de alfa 2, lo que sugiere que la ejecución de esta habilidad en las que las mujeres muestran ventaja comparadas con los hombres y cuya ejecución es hasta cierto punto automatizada, es facilitada por los estrógenos y por una actividad EEG similar entre las regiones frontales y centrales lo que indica mayor organización homogénea y mayor grado de acoplamiento temporal entre regiones izquierdas y derechas. Cuando la correlación interhemisférica fue menor en la fase lútea tardía, la localización empeoró.
- El empeoramiento en tarea de fluidez verbal se asoció con actividad EEG lenta, mayor proporción de delta y mayor potencia de alfa 1 en las áreas frontales durante la fase ovulatoria, cuando los niveles de estrógenos altos. Además, la correlación interhemisférica de alfa 2, parece ser importante para la ejecución óptima de la fluidez verbal, puesto que, cuando dicha correlación disminuyó significativamente en la fase lútea temprana comparada con la etapa ovulatoria y se mantuvo baja en la fase lútea tardía, mejoró significativamente la ejecución de la fluidez verbal.

- El empeoramiento en la tarea de vigilancia, que mostró covarianza entre los diferentes parámetros que mide la prueba, se asoció con menor potencia de beta en la etapa ovulatoria, lo que sugiere menor activación en las áreas frontales. En cambio, la mejor ejecución de la vigilancia se relacionó con mayor potencia de beta en la fase lútea temprana, que indica mayor activación frontal, que probablemente se deba a la acción conjunta de los estrógenos, que tienen acción excitadora, y de la progesterona, que tienen efectos inhibitorios favoreciendo por lado, el nivel de alerta y por otro la inhibición de estímulos irrelevantes, mientras que la acción sola de los estrógenos parece no favorecer la ejecución de esta tarea.
- El empeoramiento en la fase lútea tardía de las habilidades que favorecen a las mujeres, localización espacial, tiempo de reacción, y habilidad motora, asociado con un decremento en la actividad beta e incremento en la actividad lenta registrada en reposo, sugiere los posibles efectos de los metabolitos de la progesterona puesto que se ha demostrado que este esteroide tiene propiedades depresivas y disminuye la excitabilidad neuronal.
- La depresión cognoscitiva mostró cambios significativos a lo largo del ciclo menstrual con lo cual se confirma que la depresión varía dependiendo de las fases del ciclo menstrual. La depresión cognoscitiva severa se relacionó con menor potencia de alfa y menor correlación intrhemisférica de alfa 2, que indica menor activación en las regiones frontales en la fase lútea temprana, cuando los niveles de estrógenos y de progesterona son altos, lo que sugiere que este estado emocional es susceptible a los cambios hormonales y que probablemente se deba a la acción de los metabolitos de la progesterona. La depresión mejoró cuando disminuyeron los niveles de estrógenos y de progesterona durante la fase menstrual del ciclo y la potencia de beta fue menor y la correlación interhemisférica mayor.
- La ansiedad no mostró variaciones significativas a lo largo del ciclo menstrual, debido probablemente a que las mujeres que participaron en el estudio no tenían síndrome de tensión premenstrual o a que se esforzaron por mostrar que se sentían bien. El índice de ansiedad estuvo dentro de los límites normales y por lo tanto no mostró diferencias

sustanciales durante el ciclo menstrual que pudiera interferir con la ejecución de tareas cognoscitivas.

Los resultados obtenidos en este estudio están basados en una muestra pequeña de mujeres, con la aplicación de una sola prueba de funciones del lóbulo frontal y con el registro de la actividad EEG en las derivaciones frontales y centrales, lo cual representa una limitación para generalizar los resultados. Sería conveniente, que para poder hacer una generalización mayor de los resultados, se aumentará el tamaño de la muestra, el número de derivaciones para registrar la actividad EEG y se aplicarán otras pruebas que midan otras funciones del lóbulo frontal, ya que éstas son múltiples y complejas. Asimismo, sería conveniente estudiar grupos de mujeres con diferentes estados hormonales, como por ejemplo, mujeres en la menopausia que estén con terapia de remplazo hormonal, o que estén tomando anticonceptivos orales y con problemas endócrinos.

BIBLIOGRAFIA

Abplanalp, J.M., Livingston, L., Rose, R.M. y Sandwisch, D. Cortisol and growth hormone responses to psychological stress during the menstrual cycle. *Psychosomatic Medicine* 1977, 39:158-177.

Abplanalp, J.M., Rose, R.M., Donnelly, A.F. y Livingston-Vaughan, L. Psychoendocrinology of the menstrual cycle: II The relationship between enjoyment of activities, moods and reproductive hormones. *Psychosomatic Medicine* 1979, 41:605-615.

Abraham, G.E., Swerdloff, R.S., Tulchinsky, E. y Odell, W.D. Radioimmunoassay of plasma 17-hydroxyprogesterone. *Journal Clinical Endocrinology* 1971, 33:42.

Anderson, E.I. Cognitive performance and mood change as they relate to menstrual cycle and estrogen level. *Dissertation Abstracts International* 1972, 33:1758-B.

Anderson, S.W., Damasio, H., Jones, R.D., Tranel, D. Wisconsin Card Sorting Test performance as a measure of frontal lobe damage. *Journal Clinical Experimental Neuropsychology* 1991, 13:909-922.

Asso, D. *The Real Menstrual Cycle*. Chichester: Wiley, 1983.

Asso, D. Psychology degree examinations and the premenstrual phase of the menstrual cycle. *Women and Health* 1985-1986, 10:91-104.

Asso, D. Cyclical variations. En: *Sex Differences in Human Performance*. M.A. Baker (Ed) Chichester, England: Wiley 1987, pp. 55-80.

Altenhaus, A.L. The effects of expectancy for change on performance during the menstrual cycle. *Dissertation Abstracts International* 1978, 39:968B.

Baddeley, A.D. y Hitch, G.J. Working memory. En: G.H. Bower (Ed). *The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory*. Academic Press, New York 1974, Vol.8, pp.47-90.

Baddeley, A.D. *Working Memory*. Oxford University Press, Oxford, 1990.

Bäckström, T. y Mattsson, B. Correlation of symptoms in premenstrual tension to oestrogen and progesterone concentration in blood plasma. A preliminary study. *Neuropsychobiology* 1975, 1:80-86.

Bäckström, T., Wide, L. y Sorderga, R. FSH, LH, TeBG-capacity estrogen and progesterone in women with premenstrual tension during the luteal phase. *Journal Steroid Biochemical* 1976, 7:473-477.

Bäckström, T., Sanders, D., Leask, R., Davidson, D., Warner, P. y Bancroft, J. Mood, sexuality, hormones and the menstrual cycle. II Hormone levels and their relationship to the premenstrual syndrome. *Psychosomatic Medicine* 1983, 45:506-507.

Baddley, A. Working memory. En: *The Cognitive Neuroscience*. M:S. Gazzaniga (Ed). A Bradford Book, The Mit Press Cambridge, Massachusetts, London, 1995, pp. 755-779.

Bancroft, J y Bäckström, T. Premenstrual syndrome. Review. *Clinical Endocrinology* 1985, 22:313-336.

Beaumont, P., Richards, D.H. y Gelder, M.G. A study of minor psychiatric and physical symptoms during the menstrual cycle. *British Journal of Psychiatry* 1975, 126:431-434.

Beaumont, J.G., Mayes, A.R. y Rugg, M.D. Asymmetry in EEG alpha coherence and power: Effects of task and sex. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 1978 15:393-401.

Beatty, W.W. Gonadal hormones and sex differences in nonreproductive behaviors in rodents: Organizational and activational influences. *Hormones and Behavior* 1979, 12:112-163.

Beck, A.T. y Beamesdorfer, A. Assessment of depression: the depression inventory. *Mod Problem Pharmacopsychiatry* 1974, 7:151-169.

Beck, A.T. y Slier, R.A. Beck Depression Unventory. The Psychological Corporation, San Antonio Tx, 1993.

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

Becker, J.B., Snyder, P.J., Miller, M.M., Westgate, S.A. y Jenuwine, M.J. The influence of estrous cycle and intrastriatal estradiol on sensorimotor performance in the female rat. *Pharmacology Biochemical Behavior* 1987, 27:53-59.

Bennett, G.K., Seashore, H.G. y Wesman, A.G. *Differential Aptitude Tests, Form A*. New York. The psychological Corp. 1947.

Berman, K.F., Torrey, E.F., Daniel, D.G. y Weinberger, D.R. Regional cerebral blood flow in monozygotic twins discordant and concordant for schizophrenia. *Archives General Psychiatry* 1992, 49:927-934.

Berman, K.F., Schmidt, P.J., Ostrem, J.L. Danaceau, M.A., Esposito, G., Van Horn, J.D., Rubinow, D.R. y Weinberger, D.R. Pet studies of cognitively related cerebral blood flow in menstrual-related mood disorder patients and control: effect of gonadal steroids. *Society for Neuroscience Abstracts* 1994, Vol. 20:521.8

- Berman, K.F., Ostrem, J.L., Randolph, C., Gold, J., Goldberg, T.E., Coppola, R., Carson, R., Herscovitch, P. y Weinberger, D.R. Physiological activation of a cortical network during the performance of the Wisconsin Card Sorting Test: A positron emission tomography study. *Neuropsychologia* 1995, 33:1027-1046.
- Bernstein, B.E. Effect of menstruation on academic performance among college women. *Archives of Sexual Behavior* 1977, 6:289-296.
- Beyer, C., Ramírez, D., Whitmoyer, D.I. y Sawyer, C.H. Effects of hormone on the electrical activity on the brain in the rat and rabbit. En: *Sexual Hormones: Influences on the Electrophysiology of the Brain*. M. Alcaraz (Ed). MSS Information Corporation, New York, 1974, pp. 39-59.
- Bitran, D., Hilvers, R.J., Kellogg C.K. Anxiolytic effects of 3 α -hydroxy-5 α (β)-pregnan-20-one: Endogenous metabolites of progesterone that are affective at the GABA $_A$ receptor. *Brain Research* 1991, 561:157-161.
- Bimonte, H.A., Denenberg, V.H. Estradiol facilitates performance as working memory load increases. *Psychoneuroendocrinology* 1999, 24:161-173.
- Bonnar, J. Biological approaches to ovulation detection. En: *Ovulation: Methods for its Prediction and Detection*. New York, John Wiley 1983, pp. 33-47.
- Broverman, D.M., Klaiber, E.L., Kobayashi, y Vogel, W. Roles of activation and inhibition in sex differences in cognitive abilities. *Psychological Review* 1968, 75:23-50.
- Broverman, D.M. Vogel, W., Klaiber, E.L., Majcher, D., Shea, D. y Paul, V. Changes in cognitive task performance across the menstrual cycle. *Journal of Comparative and Physiological Psychology* 1981, 95:646-654
- Brown, I.S., Forand, A.W. y Payne, R.B. Hormonal influences on psychomotor reminiscence. *Perceptual and Motor Skills* 1984, 58:383-389.
- Brozoski, T.J., Brown, R.M., Rosvoid, H.E. y Goldman, P.S. Cognitive deficit caused by regional depletion of dopamine in prefrontal cortex of rhesus monkey. *Science* 1979, 205:929-932.
- Brück, R. Function of the endocrine system. En: *Human Physiology*. R F. Schmidt y G. Thoms (Eds). Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York 1983, pp. 658-687.
- Brugger, P., Milicevic, A., Regard, M. y Cook, N.D. Random-number generation and the premenstrual cycle: Preliminary evidence for a premenstrual alteration of frontal lobe functioning. *Perceptual and Motor Skills* 1993, 77:915-921.

Canonaco, M., Valenti, A., Maggi, A. Effects of progesterone on (35S) t-butylbicyclophosphorothianate binding in some forebrain areas of the female rat and its correlation to aggressive behavior. *Pharmacology Biochemical Behavior* 1990, 37:433-438.

Cervantes, M., Ruelas, R. y Beyer, C. Progesterona facilitation of EEG synchronization in response to milk drinking in female cats. *Psychoneuroendocrinology* 1979, 4:245-251.

Changeux, J.P. y Dehaene, S. Neuronal models of cognitive functions associated with the prefrontal cortex. En: *Neurobiology of Decision-Making*. A.R. Damasio, H. Damasio y Y. Christen (Eds). Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1996, pp.125-144.

Chesney, M.A. y Tasto, D.L. The development of the menstrual cycle symptom questionnaire. *Behavior Research and Therapy* 1975, 13:237-244.

Chiarello, C., McMahon, M.A y Schaefer, K. Visual cerebral lateralization over phases of the menstrual cycle: a preliminary investigation. *Brain and Cognition* 1989, 11:18-36.

Chhina, G.S., Chakrabarty, A.S., Kaur, K. y Anand, B.K. Electroencephalographic responses produced by genital stimulation and hormone administration in sexually immature rhesus monkeys. En: *Sexual Hormones Influences on the Electrophysiology of the Brain*. Alcaraz, M. (Ed). MSS Information Corporation, New York 1974, pp. 10-17.

Clark, D.M. y Teasdale, J.D. Constraints on the effects of mood in memory. *Journal Personality Sociology Psychology* 1985, 48:1595-1608.

Cooper, J.A., Blue, J.H. y Ross, S. Automatizations and perceptual restructuring performance across the menstrual cycle. *Bulletin of the Psychosomatic Society* 1983, 21:179-182.

Corbetta, M., Miezin, F.M., Dobmeyer, S., Shulman, G.L. y Petersen, S.E. *Journal Neuroscience* 1991, 11:2388-2402.

Cormack, M. y Sheldrake, P. Menstrual cycle variations in cognitive ability: A preliminary report. *International Journal of Chronobiology* 1974, 2:53-55.

Corsi Cabrera, M., Ramos, J. y Meneses, S. Effects of normal sleep deprivations on interhemispheric correlation during subsequent wakefulness in man. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 1989, 72:305-311.

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

Corsi-Cabrera, M., Juárez, J., Ponce-de-León, M., Ramos, J., y Velázquez, P.N. EEG activity during estral cycle in the rat. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 1992, 83:265-269.

Corsi-Cabrera, M., Solís-Ortiz, S. y Guevara, M.A. Stability of EEG Inter-and intrahemispheric correlation in women. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 1997, 102:248-255.

Creutzfeldt, O.D., Arnold, P.M., Becker, D., Langenstein, S., Tirsch, W., Wilhelm, H. y Wuttke, W. EEG changes during spontaneous and controlled menstrual cycle and their correlation with psychological performance. *Electroencephalography Clinical Neurophysiology* 1976, 40:113-131.

Dalton, K. Effect of menstruation on schoolgirls' weekly work. *British Medical Journal* 1960, 1:326-328.

Dalton, K. *The Premenstrual Syndrome*. Springfield, III Charles C. Thomas, 1964.

Dalton, K. Menstruation and examinations. *Lancet* 1968, 2:1386-1388.

Damasio, A.R. y Anderson, S.W. The frontal lobes. En: *Clinical Neuropsychology*. K.M. Heilman, E. Valenstein (Eds). 3ra. Edición. Oxford University Press, New York 1993, pp. 409-460.

Damasio, A.R., Tranel, D. y Damasio, H.C. Somatic markers and the guidance of behavior: Theory and preliminar testing. En: *Frontal lobe function and dysfunction*. H. Levin, Eisenberg, A. Benton. (Eds). Oxford University Press, New York 1991, pp. 217-229.

Damasio, A.R., Damasio, H. y Christen, Y. *Neurobiology of Decision-Making*. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg 1996.

Dan, A.J. Fee-associative versus self-report measures of emocional change over the menstrual cycle. En: *The Menstrual Cycle: Vol.1 A Synthesis of Interdisciplinary Research* A.J. Dan, E.A. Graham, y C.P. Beecher (Eds). New york, Sringer 1980, pp. 115-120.

Darke, S. Anxiety and working memory capacity. *Cognition and Emotion* 1988, 2:145-154.

Dehaene, S. y Changeux, J-P. The Wisconsin Card Sorting Test: Theoretical analysis and modeling in a neuronal network. *Cerebral Cortex* 1991, 1:62-79.

Dor-Shav, N.K. In search of pre-menstrual tension: Note on sex differences in psychological differentiations as a function of cyclical physiological changes. *Perceptual and Motor Skills* 1976, 42:1139-1142.

Dorner, G., Docke, F. y Moustafa, S. Differential localization of a male and female hypothalamic mating centre. *Journal Reproduction Fertility* 1968, 17:583-586.

Drewe, E.A. Go-no go learning after frontal lobe lesions in humans. *Cortex* 1975, 11:8-16.

Eslinger, P.J. y Damasio, A.R. Severe disturbance of higher cognition after bilateral frontal lobe ablation: Patient EVR. *Neurology* 1985, 35:1731-1741.

Eisenfeld, A.J. y Axelrod, J. Selectivity of estrogen distribution in tissues. *Journal of Pharmacology Experimental Therapeutic* 1965, 150:469-475.

Eysenck, M.W. Anxiety, learning, and memory: A reconceptualization. *Journal of Research in Personality* 1979, 13:365-385.

Eysenck, M.W. *Attention and arousal: Cognition and Performance*. Berlin: Springer-Verlag, 1982.

Ferin, J., Thomas, K. y Johansson, E.D.B. Ovulation detection. En: *Human Reproduction Conception and Contraception*. E.S.E. Hafez y T.N. Evans (Eds) Harper & Row., New York, London 1973, pp. 260-283.

Fink, G., Summer, B.E.H., Rosie, R., Grace, O., Quinn, J.P. Estrogen control of central neurotransmission-effect of mood, mental state and memory. *Cellular Molecular Neurobiology* 1996, 16:325-344.

Flor-Henry, P., Koles, Z.J. y Reddon, J.R. Age and sex related EEG configurations in normal subjects. En: *Individual Differences in Hemispheric Specialization*. A.Glass (Ed), New York: Plenum Press 1987, pp. 121-134.

Flood, J.F., Morley, J.E. y Roberts, E. Memory-enhancing effects in male mice of pregnenolone and steroids metabolically derived from it. *Proceedings of the National Academy of Science* 1992, 89:1567-1571.

Fradkin, B. y Firestone, P. Premenstrual tension, expectancy, and mother-child relations. *Journal of Behavioral Medicine* 1986, 9:245-249.

Frank, R.S. The hormonal cause of premenstrual tension. *Archives of Neurology Psychiatry* 1931, 26:1053.

Freeman, E.W., Purdy, R.H., Coutifaris, C., Rickels, K. y Paul, S.M. Anxiolytic metabolites of progesterone: correlation with mood and performance measures following oral progesterone administration to healthy female volunteers. *Neuroendocrinology* 1993, 58:478-484.

- Funahashi, S., Bruce, C.J. y Goldman-Rakic, P.C. Mnemonic coding of visual space in the monkey's dorsolateral prefrontal cortex. *Journal Neurophysiology* 1989, 61:331-349.
- Funahashi, S., Chafee, M.V. y Goldman-Rakic, P. *Nature* 1993, 365:753-756.
- Furst, G.J. EEG alpha asymmetry and visuospatial performance. *Nature* 1976, 260:254-255.
- Gamberale, F., Strindberg, L. y Wahlberg. Female work capacity during the menstrual cycle: Physiological and psychological reactions. *Scandinavian Journal of the Work Environment and Health* 1975, 1:120-127.
- Ganon, W.F. *Manual de Fisiología Médica. El Manual Moderno S.A. México, D.F., 1976.*
- Gautray, J.P. Quantitative analysis of EEG variations during spontaneous or restored menstrual cycle. *Neuroendocrinology* 1969, 5:368-373.
- Gazzaley, A.H., Weiland, N.G., McEwen, B.S., Morrison, J.H. *Journal neuroscience* 1996, 16:6830-6833.
- Graham, E.A. Cognition as related to menstrual cycle phase and estrogen level. En: *The Menstrual Cycle: Vol. 1. A synthesis of interdisciplinary research.* A.J. Dan, E.A. Graham y Beecher (Eds). New York, Springer 1980, pp. 190-208.
- Golub, S. The effect of premenstrual anxiety and depression on cognitive function. *Journal of Personality and Social Psychology* 1976, 34:99-104.
- Golub, S. y Harrington, D.M. Premenstrual and menstrual mood changes in adolescent women. *Journal of Personality and Social Psychology* 1981, 41:961-965.
- Goldman-Rakic, P.S. Circuitry of primate prefrontal cortex and regulation of behavior by representational memory. En: V.B. Mountcastle, F. Plum (Eds). *Handbook of Physiology.* American Physiological Society, Bethesda, MD, 1987, Vol. 5, pp 373-417.
- Goldman-Rakic, P.S. En: *Psychopathology and the Brain.* B.J. Carroll y J.B. Barrett. American Psychopathology Association y Raven, New York, 1991, pp. 1-23.
- Gordon, H.W., Cobin, E.D. y Lee, P.A. Changes in specialized cognitive function following changes in hormone levels. *Cortex* 1986, 22:399-415.
- Gorman. C. Sizing up the sexes. *Time* 1992, 20:34-41.
- Grant, D.A. y Berg, E.A. A behavioral analysis of degree of reinforcement and ease of shifting to new responses in a Weigl-type card sorting problem. *Journal Experimental Psychology* 1948, 38:404-411.

- Grindel, O.M. Optimal level of EEG coherence and its role of the state of human brain functions. *Neuroscience Behavior Physiology* 1982, 12:199-206.
- Gyermek, L., Soyka, L.F. Steroid anesthetics. *Anesthesiology* 1975, 42:331-334.
- Gyermek, L., Genther, G. y Fleming, N. Some effects of progesterone and related steroids on the central nervous system. *International Journal Neuropharmacology* 1967, 6:191-198.
- Hammarbäck, S., Ekholm, U.B. y Bäckström, T. Spontaneous anovulation causing disappearance of cyclical symptoms in women with premenstrual syndrome. *Acta Endocrinology* 1991, 125:132-137.
- Hammarbäck, S., Damber J.E. y Bäckström, T. Relationship between symptom severity and hormones changes in women with premenstrual syndrome. *Journal Clinical Endocrinology Metabolism* 1989, 68:125-130.
- Hamilton, J.A., Parry, B.L. y Blumenthal, S.J. The menstrual cycle in context: II Human gonadal steroid hormone variability. *Journal of Clinical Psychiatry* 1988, 49:480-484.
- Hamon, M., Goetz, C., Euvrard, C., Pasqualini, C., Le Dafniet, M., Kerdelhue, B. y Cesselin, F. Biochemical and functional alterations of central GABA receptors during chronic estradiol treatment. *Brain Research* 1983, 279:141-152.
- Hampson, E. y Kimura, D. Reciprocal effects of hormonal fluctuations on human motor and perceptual skills. *Behavioral Neuroscience* 1988, 102:456-459.
- Hampson, E. Estrogen-related variations in human spatial and articulatory motor skills. *Psychoneuroendocrinology* 1990, 15:97-111.
- Hampson, E. y Kimura, D. Cognitive Function in Humans. En: *Behavioral Endocrinology*. J.B. Becker, S.M. Breedlove y D.Crews (Eds). The MIT Press, Cambridge, Massachusetts 1992, pp. 358-365.
- Hampson, E. y Kimura, D. Sex differences and hormonal influences on cognitive function in humans. En: *Behavioral Endocrinology*. J.B. Becker, S.M. Breedlove y D.Crews (Eds). The MIT Press, Cambridge, Massachusetts 1992, pp. 357-401.
- Harmony, T., Otero, G., Ricardo, J. y Fernández, G. Polarity coincidence correlation coefficient and signal energy ratio of the ongoing EEG activity. I. Normative data. *Brain Research* 1973, 61:133-140.
- Hartley, L.R., Lyons, D. y Dunne, M. Memory and menstrual cycle. *Ergonomics* 1987, 30:111-120.

- Heaton, R.K. A Manual for the Wisconsin Card Sorting Test. Psychological Assessment Resources. Inc. P.O. Box 998, Odessa, Florida, 1981.
- Heilman, K.M., Pandya, D.M. y Geschwind, N. Trimodal inattention following parietal lobe ablations. *Trans American Neurology Association* 1970, 95:259-261.
- Heister, G., Landis, T., Regard, M. y Schroeder-Heister, P. Shift of functional cerebral asymmetry during the menstrual cycle. *Neuropsychologia* 1989, 27:871-880.
- Heuser, G., Ling, G.M. y Kluver, M. Sleep induction by progesterone in the preoptic area in cats. *Electroencephalography Clinical Neurophysiology* 1967, 22:122-127.
- Hodges, W.F. y Spielberger, C.D. Digit-span: An indicant of trait or state anxiety? *Journal of Consulting and Clinical Psychology* 1969, 33:430-434.
- Horney, K. Die prämenstruellen verstimmungen. *Zitschrift für Psychoanalytische Pädagogik* 1931, 5:161-167.
- Hoyenga, K.B. y Hoyenga, K.T. *The Question of Sex Differences: Psychological, Cultural and Biological Issues*. Little, Brown y Company, Boston, 1979.
- Hruska, R.E., Ludmer, L.M. y Silbergeld, E.R. Characterizations of the striatal dopamine receptor supersensitivity produced by estrogen treatment of male rats. *Neuropharmacology* 1980, 19:923-926.
- Hudgens, G.A., Fatkin, L.T., Billingsley, P.A y Mazurcysk, J. Hand steadiness: Effects of sex, menstrual phase, oral contraceptives, practice, and handgun weight. *Human Factors* 1988, 30:51-60.
- Hughes, R.N. Menstrual cycle influences on perceptual disembedding ability. *Perceptual and Motor Skills* 1983, 57:107-110.
- Hunter, S., Schraer, R., Landers, D.M., Buskirk, E.R. y Harris, D.M. The effects of the total oestrogen concentration and menstrual cycle-phase on reaction time performance. *Ergonomics* 1979, 22:263-268.
- Hutt, S.J., Frank, G., Mychalkiw, W. y Hughes, M. Perceptual-motor performance during the menstrual cycle. *Hormones and Behavior* 1980, 13:116-125.
- Jensen, B.K. Menstrual cycle effects on task performance examined in the context os stress research. *Acta Psychologica* 1982, 50:159-178.
- John, E.R., Ahn, H., Prichep, L., Trepetin, M., Bromn, D. y Kaye, H. Developmental equations for the EEG. *Science* 1980, 210:1255-1258.

Johnson, M.A. y Magaro, P.A. Effects of mood and severity on memory processes in depression and mania. *Psychology Bulletin* 1967, 101:28-40.

Jones, B.M. y Jones, M.K. Alcohol effects in women during the menstrual cycle. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1976, 273:576-587.

Jonides, J., Smith, E.E., Koeppel, R.A., Awh, E., Minoshima, S., y Mintun, M.A. *Nature* 1993, 363:623-635.

Kandel, E.R., Schwartz, J.H. y Jessell, T.M. *Essentials of Neural Science and Behavior*, Appleton y Lange 1995, pp. 651-694.

Kennan, P.A., Stern, R.A., Janowsky, D.S. y Pedersen, C.A. Psychological aspects of premenstrual syndrome I: Cognition and memory. *Psychoneuroendocrinology* 1992, 17:179-187.

Keenan, P.A., Lindamer, L.A. y Jong, S.K. Psychological aspects of premenstrual syndrome II: Utility of standardized measures. *Psychoneuroendocrinology* 1992, 17:189-194.

Kimura, D. Are men's and women's brains really different? *Canadian Psychology* 1987, 28:133-147.

Kirk, R.E. *Experimental Design: Procedures for the Behavioral Sciences*. Brooks/Cole Pub. Co. United State, 1968.

Klaiber, E.L., Broverman, D.M., Vogel, W. y Kobayashi, Y. Rhythms in plasma MAO activity, EEG and behavior during the menstrual cycle. En: *Biorhythms and Human Reproduction*. M. Ferin, F. Halberg, R.M. Richart y R.L. VandeWiele (Eds). New York, Wiley 1974, pp. 353-367.

Klaiber, E.L., Broverman, D.M., Vogel, W., Kobayashi, Y. Estrogen therapy for severe persistent depression in women. *Archives General Psychiatry* 1979, 36:550-554.

Kobayashi, T., Kato, J. y Minaguchi, H. Cholinergic and adrenergic mechanisms in the female rat hypothalamus with special reference to feedback of ovarian steroid hormones. En: *Steroid Dynamics*. G. Pincus, T. Nakao y Tait, J.F. Academic Press, New York 1966, pp. 303-337.

Koller, W.C., Barr, A. y Biary, N. Estrogen treatment of dyskinetic disorders. *Neurology* 1982, 32:547-549.

Komisaruk, B.R., McDonald, P.G., Whitmoyer, D.I. y Sawyer, C.H. Effects of progesterone and sensory stimulation on EEG and neuronal activity in the rat. *Experimental Neurology* 1967, 19:494-507.

- Kommenich, P. Hormonal influences on verbal behavior in women. *Dissertation Abstracts International* 1974, 35:3065B
- Kommenich, P., Lane, D.M., Dickey, R.P. y Stone, S.C. Gonadal hormones and cognitive performance. *Physiological Psychology* 1978, 6:115-120
- Lahmeyer, H.W., Miller, M. y DeLeon-Jones, F. Anxiety and mood fluctuations during the normal menstrual cycle. *Psychosomatic Medicine* 1982, 44:183-194.
- Landauer, A.A. Choice decision time and the menstrual cycle. *Practitioner* 1974, 213:703-706.
- Landgren, S., Backström, T. y Kalistratov, G. The effects of progesterone on the spontaneous interictal spike evoked by the applications of penicillin to the cats cerebral cortex. *Journal of the Neurological Science* 1978, 36:119-133.
- Lazarov, D. The menstrual cycle and cognitive function. *Dissertation Abstracts International* 1982, 43:280B.
- Levitt, E. y Lubin, B. Some personality factors associated with menstrual complaints and menstrual attitudes. *Journal of Psychosomatic Research* 1967, 11:267-270.
- Lincoln, D.W. Unit activity in the hypothalamus,, septum and preoptic area of the rat: characteristic of spontaneous activity and the effects of oestrogen. *Journal Endocrinology* 1967, 37:177-189.
- Lincoln, D.W. Effects of progesterone on the electrical activity of the forebrain. En: *Sexual Hormones: Influences on the Electrophysiology of the Brain*. M. Alcaraz (Ed). MSS, Information Corporation, New York 1974, pp. 89-113.
- Lord, T. y Taylor, K. Monthly fluctuation in task concentration in female college students. *Perceptual and Motor Skills* 1991, 72:435-439.
- Lorenzo, I., Ramos, J., Arce, C., Guevara, M.A., y Guevara, M.A., Effect of total sleep deprivation on reaction time and waking EEG activity in man. *Sleep* 1995, 18:346-354.
- Loy, R., Gerlach, J.L. y McEwen, B.S. Autoradiographic localization of estradiol binding neurons in the hippocampal formation and the entorhinal cortex. *Behav Brain Research* 1988, 39:245-251.
- Luria, A.R. *Higher Cortical Functions in Man*. Tavistock, London 1966.
- Maggi, A. y Perez, J. Progesterone and estrogen in rat brain: modulation of GABA receptor activity. *European Journal Pharmacology* 1984, 103:165-168.

Maggi, A. y Perez, J. Estrogen-induced up regulation of γ -aminobutyric acid receptor in the CNS of rodents. *Journal Neurochemical* 1986, 47:1973-1797.

Majewska, M.D. Steroids and brain activity. *Biochemical Pharmacology* 1987, 36:3781-3788.

May, R.R. Mood shifts and the menstrual cycle. *Journal of Psychosomatic Research* 1976, 20:125-130.

McGee, M.G. Human spatial abilities: Psychometric studies and environmental, genetic, hormonal and neurological influences. *Psychological Bulletin* 1979, 80:889-918.

Metcalf, M.G., Livesey, J.H., Wells, J.E. y Braiden, V. Mood cyclicity in women with and without the premenstrual syndrome. *Journal of Psychosomatic Research* 1989, 33:407-418.

Michael, R.P. Oestrogen in the central nervous system. *British Medical Bulletin* 1965, 21:87-90.

Michael, R.P., Zaayman, G. y Zumpe, D. Inhibition of sexual receptivity by progesterone in rhesus monkeys. *Journal Endocrinology* 1967, 39:309-312.

Midgley, A.R., Gay, V.L., Keye, P.L. y Hunter, J.S. Human reproductive endocrinology. En: *Human Reproduction: Conception and Contraception*. E.S.E. Hafez (Ed). Harper y Row, New York 1973, pp. 201-236.

McEwen, B.S., Biegon, A., Fischette, C.T., Luine, V.N., Parson, B. y Rainbow, T.C. Toward a neurochemical basis of steroid hormone action. En: *Frontiers in Neuroendocrinology*, L. Martini y W.F. Ganong (Eds), New York, Raven Press 1984, pp. 153-176.

McEwen, B.S. Woolley, C.S. Oestradiol and progesterone regulate neuronal structure and synaptic connectivity in adult as well as developing brain. *Experimental Gerontology* 1994, 29:431-436.

McEwen, B.S. Steroid hormone actions on the brain: When is the genome involved? *Hormones and behavior* 1994, 28:396-405.

McEwen, B.S., Alves, S.E., Bulloch, K. y Weiland, N.G. Ovarian steroids and the brain: Implications for cognition and aging. *Neurology* 1997, 48:S8-S15.

Milner, B. Effects of different brain lesions on card sorting. *Archives of Neurology* 1963, 9:90-100.

Milner, B. Visually guided maze learning in man: Effects of bilateral hippocampal, bilateral frontal and unilateral cerebral lesions. *Neuropsychological* 1965, 3:317-338.

Moos, R.H. Typology of menstrual cycle symptoms. *American Journal of Obstetrics and Gynecology* 1969, 103:390-402.

Morin, L.P. y Feder, H.H. Hypothalamic progesterone implants and facilitation of lordosis behavior in estrogen-primed ovariectomized Guinea Pigs. *Brain Research* 1974, 70:81-91.

Mulholland, T. The concept of attention and the electroencephalographic alpha rhythm. En: *Attention in Neurophysiology*. C.R. Evans y T.B. Mulholland (Eds), London:Butterworth 1969, pp. 100-127.

Munchel, M.E. The effects of symptom expectations and response styles on cognitive and perceptual motor performance during premenstrual phase. *Dissertation Abstracts International* 1979, 39:3531B-3532B.

Murthy, V.N. y Felz, E.E. Coherent 25-35 Hz oscillations in the sensorimotor cortex of the awake behaving monkey. *Proceeding National Academic Science* 1992, 89:5670-5674.

Nauta, WJH. The problem of frontal lobe: A reinterpretation. *Journal Psychiatry Reseach* 1971, 8:167-187.

Nausieda, P.A., Koller, W.C., Weiner, W.J. y Klawans, H.L. Chorea induced by oral contraceptives. *Neurology* 1979, 29:1605-1609.

Norman, A.W. y Litwack, G. *Hormones*. Academic Press, 1997, pp. 361-365.

Nyborg, H. Spatial ability in men and women: Review and new theory. *Advances in Behavior Research Therapeutic* 1983, 5:89-140.

O'Brein, P.M.S., Selby, C., Symonds, E.M. Progesterone, fluid and electrolytes in premenstrual syndrome. *British Medical Journal* 1980, 1:1161-1165.

O'Neil, M., Lancee, W. y Freeman, J. Fluctuations in psychological distress during the menstrual cycle. *Canadian Journal of Psychiatry* 1984, 29:373-378.

O'Neil, M.F., Means, L.W., Poole, M.C., Hamm, R.J. Estrogen affects performance of ovariectomized rats in a two-choice water-escape working memory task. *Psychoneuroendocrinology* 1996, 21:51-65.

Oppenheim, G. A case of rapid mood cycling with estrogen: Implications for therapy. *J. Clinical Psychiatry* 1984, 45:34-35.

Orchinik, M., y McEwen, B. Rapid steroid actions in the brain: A critique of genomic and nongenomic mechanisms, 1994*****

Parlee, M.B. The premenstrual syndrome. *Psychological Bulletin* 1973, 80:454-465.

Parlee, M.B. Positive changes in moods and activation levels during the menstrual cycle in experimentally naïve subjects. En: *The menstrual Cycle: Vol.1 A Synthesis of Interdisciplinary Research*. A.J. Dan, E.A. Graham y C.P. Beecher (Eds). New York, Springer 1980, pp. 247-263.

Parlee, M.B. Menstrual rhythms in sensory processes. *Psychological Bulletin* 1983, 93:539-548.

Paulesu, E., Frith, C. y Frackowiak, R.S. *Nature* 1993, 363:342-345.

Paul, S.M. y Purdy, R.H. Neuroactive steroids. *FASEB Journal* 1992, 6:2311-2322.

Pfaff, D. y Kleiner, M. Atlas of estradiol concentrating cells in the central nervous system of the female rat. *Journal Comparative Neurology* 1973, 151:121-158.

Phillips, S. y Sherwin, B. Variations in memory function and sex steroid hormones across the menstrual cycle. *Psychoneuroendocrinology* 1992a, 17:497-506.

Phillips, S.M. y Sherwin, B.B. Effects of estrogen on memory function in surgically menopausal women. *Psychoneuroendocrinology* 1992b, 17:485-495.

Perret, E. The left frontal lobe of man and the suppression of habitual responses in verbal categorical behaviour. *Neuropsychologia* 1974, 12:323-330.

Postma, A., Winkel, J., Tuiten, A. y Honk, J.V. Sex differences and menstrual cycle effects in human spatial memory. *Psychoneuroendocrinology* 1999, 24:175-192.

Posner, M.I., Raichle, M.E. Networks of attention. En: *Images of Mind*. Scientific American Library, USA 1994, pp. 174-176.

Powers, J.B. Facilitation of lordosis in ovariectomized rats by intracerebral progesterone implants. *Brain Research* 1972, 48:311-325.

Purdy, R.H., Moore, P.H. Jr., Rao, P.M., Hagino, N., Yamaguchi, T., Schmidt, P., Rubinow, D.R., Morrow, A.L. y Paul, S.M. Radioimmunoassay of 3 α -pregnane-20-one in rat and human plasma. *Steroids* 1990, 55:290-296.

Rapkin, A.J., Chang, Li. y Reading, A.E. Mood and cognitive style in premenstrual syndrome. *Obstetrics and Gynecology* 1989, 74:644-649.

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

Ray, W.J., Newcombe, N., Semon, J. y Cole, P.M. Spatial abilities, sex differences and EEG functioning. *Neuropsychologia* 1981, 19:719-722.

Redgrove, J.A. Menstrual cycles. En: *Biological Rhythms and Human Performance*. W.P. Colquhoun (Ed). Academic Press, London 1971, pp.211-240.

Reid, J.V. y Ten, S.S.C. Premenstrual Syndrome. *American Journal of Obstetrics and Gynecology* 1981, 139:85-104.

Reitan, R.M. Validity of the trailmaking test as an indication of organic brain damage. *Perceptual Motor Skills* 1983, 8:271-276.

Richardson, J.T.E. Student learning and the menstrual cycle: Myths and realities. *Studies in Higher Education* 1988, 13:317-328.

Richardson, J.T.E. Student learning and the menstrual cycle: Premenstrual symptoms and approaches to studying. *Educational Psychology* 1989, 9:215-238.

Richardson, J.T.E. Student learning and the menstrual cycle. En: *Practical aspects of memory-current research and issues: Vol. 2 Clinical and educational implications*. M.M. Gruneberg, P.E. Morris y R.W. Sykes (Eds). Chichester, England:Wiley 1988, pp. 495-500.

Richardson, J.T.E. Cognition, memory and the menstrual cycle. *Cahiers de Psychologie Cognitive* 1991, 11:3-26.

Richardson, J.T.E. The menstrual cycle, cognition and paramenstrual symptomatology. En: *Cognition and Menstrual Cycle*. J.T.E. Richardson (Ed). New York Springer 1992, pp . 1-18.

Robinson, A.L., Heaton, R.K., Lehman, R.A.W., Stilson, D.W. The hability of the Wisconsin Card Sorting Test in detecting and localizing frontal lobe lesions. *Journa Consulting Clinical Psychology* 1980, 48:605-614.

Rodin, J. Menstruation, reattribution, and competence. *Journal of Personality and Social Psychology* 1976, 33:345-353.

Rosenzweig M.R. y Leiman A.I. *Psicología Fisiológica*. McGraw-Hill, España 1992, pp. 717-739.

Sanders, B., Soares, M.P. y D'Aquila, J.M. The sex differences on one test of spatial visualization: a non-trivial difference. *Child Development* 1982, 53:1106-1110.

Schmidt, P.J., Gay, N., Grover, R.N., Hoban, M.C. y Rubinov, D.R. *American Journal of Psychiatry* 1990, 147:230-234.

Seiki, K., Miyamoto, M., Yamashita, A. y Kotani. Further studies on the intake of labelled progesterone by the hypothalamus of pituitaria of rats. *Journal Endocrinology* 1969, 43:129-130.

Selye, H. Correlations between the chemical structure and the pharmacological actions of the steroids. *Endocrinology* 1942, 30:437-458.

Shaw, J.C. Correlation and coherence analysis of the EEG: A selective tutorial review. *International Journal of Psychophysiology* 1984, 1:255-266.

Shaw, J.C., O'Connor, K.P. y Ongley, C. The EEG as a measure of cerebral functional organization. *British Journal Psychiatry* 1977, 130:260-264.

Sheer, D. Focused arousal, 40 Hz, and disfunction. En: *Selfregulation of the brain and behavior*. T. Ebert (Ed), Berlin: Springer 1984, pp. 64-84.

Sherry, S., Notman, M.T., Nadelson, C.C., Kanter, F. y Salt, P. Anxiety, depression and menstrual symptoms among freshman medical student. *Journal Clinical Psychiatry* 1988, 49:490-493.

Silbergeld, S., Brast, N. y Noble, E.P. The menstrual cycle: A double-blind study of symptoms, mood and behavior, and biochemical variables using Enovid and placebo. *Psychosomatic Medicine* 1971, 33:1037-1038.

Silverman, I. y Phillips, K. Effects of estrogen changes during the menstrual cycle on spatial performance. *Ethology and Sociobiology* 1993, 14:247-270.

Solís Ortiz, S., Ramos, J., Arce, C., Guevara, M.A. y Corsi Cabrera, M. EEG oscillations during menstrual cycle. *International Journal Neuroscience* 1994, 76:279-292.

Solís Ortiz, S. y Corsi Cabrera, M. Anxiety menstrual cycle is correlated with EEG. *Journal Anxiety Disorder* 1999 (en revisión).

Smith, A.J. Menstruation and industrial efficiency: I. Absenteeism and activity level. *Journal of Applied Psychology* 1950, 34:1-5.

Sommer, B. Cognitive performance and the menstrual cycle. En: *Cognition and the Menstrual Cycle*. Springer-Verlag, New York, 1992.

Sommer, B. Menstrual cycle changes and intellectual performance. *Psychosomatic Medicine* 1972, 34:263-269.

Spielberg, C.D., Corsush, R.L., y Lushene, R.E. *State-Trait Anxiety Inventory*. Palo Alto, Ca. Consulting Psychologists Press, Inc., 1970.

Spielberg, C.D., Martínez-Urrutia, A., González-Reigosa, F., Nalacio, L. y Díaz Guerrero, R. *Inventario de Autoevaluación (IDARE)*. México, Ed. Manual Moderno, 1980.

Spielberger, C.D. Anxiety as an emotional state. En: *Anxiety: Current Trends in Theory and Research*. C.D. Spielberger (Ed). New York, Academic Press 1972, pp. 23-49.

Steriade, M. Cellular substrates of brain rhythms. En: *Electroencephalography*. E. Niedermeyer y F. Lopes Da Silva. Williams y Wilkins, Baltimore, Maryland 1993, pp. 27-62.

Steriade, M., Jones, E.G., Llinás, R.R., Lopes Da Silva, F. y Basic mechanisms of cerebral rhythmic activities. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 1990, 76:481-508.

Strauss, B., Schultheiss, M. y Cohen, R. Autonomic reactivity in the premenstrual phase. *British Journal of Clinical Psychology* 1983, 22:1-9.

Stroop, J.R. Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology* 1935, 18:643-660.

Stumpf, W.E. Estradiol concentrating neurons: Topography in the hypothalamus by dry-mount autoradiography. *Science* 1968, 162:1001-1003.

Steur, J.L., Mintz, J., Hammen, C.L., Hill, M.A., Jarvik, L.F., McCarley, T., Motoike, P. y Rosen, R. Cognitive, behavioral and psycho-dynamic group psychotherapy in the treatment of geriatric depression. *Journal Consulting Clinical Psychology* 1984, 52:180-189.

Stumpf, W.E. y Grant, L.D. *Anatomical Neuroendocrinology*. Karger, Basel 1975.

Stuss, D.T. y Benson, D.F. *The Frontal Lobes*. Raven Press, New York 1986.

Symons, E., Calvert, J.E., Snelgar, R.S. y Harris, J.P. Early visual processing over the menstrual cycle: the tilt aftereffect. *Neuropsychobiology* 1990/91, 24:192-197.

Taylor, J.W. Plasma progesterone, oestradiol 17 β estradiol and premenstrual symptoms. *Acta Psychiatria Scandinavica* 1979, 60:76-80.

Taylor, J.W. The timing of menstruation-related symptoms assessed by a daily symptom rating scale. *Acta Psychiatrica Scandinavica* 1979, 60:87-105.

Tiffin, J. *Purdue Pegboard*. Chicago, Science Research Associates, 1968.

Ussher, J.M. Variations in performance, mood and state during the menstrual cycle. Unpublished Doctoral Dissertation 1987, University of London.

- Ussher, J.M. The demise of dissent and the rise of cognition in menstrual-cycle research. En: *Cognition and Menstrual Cycle*. J.T.E. Richardson (Ed). New York Springer 1992, pp . 132-173.
- Vermeulen, A. The hormonal activity of the postmenopausal ovary. *Journal Clinical Endocrinology and Metabolism* 1976, 42:247-253.
- Vila, J. y Beech, H.R. Premenstrual symptomatology: An interaction hypothesis. *British Journal of Social and Clinical Psychology* 1980, 19:73-80.
- Vogt, B.A., Finch, D.M. y Olson, C.R. Cingulate gyrus: Overview. *Cerebral Cortex* 1992, 2:435-443.
- Walsh, R.N., Budtz-Olsen, I., Leader, C. y Cummins, R.A. The menstrual cycle, personality and academic performance. *Archives of General Psychiatry* 1981, 38:210-221.
- Wang, M., Seippel, L., Purdy, R.H. y Bäckström, T. Relationship between symptom severity and steroid variation in women with premenstrual syndrome: Study on serum pregnenolone, pregnenolone sulfate. 5α -pregnane-3,20-dione and 3α -hydroxy- 5α -pregnan-20-one. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 1996, 81:1076-1082.
- Watts, J.F., Butt, W.R., Logan, E.R. Hormonal studies in women with premenstrual tension. *British Journal Obstetric and Gynaecology* 1985, 92:247-250.
- Wickham, M. The effects of the menstrual cycle on test performance. *British Journal of Psychology* 1958, 49:34-41.
- Wieland, S., Lan, N.C., Mirasedeghi, S. y Gee, K.W. Anxiolytic activity of the progesterone metabolite 5α -pregnan- 3α -ol-20-one. *Brain Reseach* 1991, 565:263-268.
- Weiland, N.G. Estradiol selectively regulates agonist binding sites on the N-methyl-D-aspartate receptor complex in the CA1 region of the hippocampus. *Endocrinology* 1992, 131:662-668.
- Wilcoxon, L.A., Schrader, S.L. y Sherif, C.W. Daily self-reports on activities, life events, moods and somatic changes during the menstrual cycle. *Psychosomatic Medicine* 1976, 38:399-417.
- Wilson, F.A.W., Scalaide, S.P.O. y Goldman-Rakic, P. Dissociation of object and spatial processing domains in primate prefrontal cortex. *Science* 1993, 260:1955-1958.
- Williams, G.V. y Goldman-Rakic, P.S. Modulation of memory fields by dopamine D1 receptors in prefrontal cortex. *Nature* 1995, 376:572-575.

Woolley, D.E. y Timiras, P.S. The gonadal-brain relationship: effects of female sex hormones on electroshock convulsions in the rat. *Endocrinology* 1962, 70:196-209.

Wolley, C. y McEwen, B.S. Roles of estradiol and progesterone in regulation of hippocampal dendritic spine density during the oestrus cycle in the rat. *Journal Comparative Neurology* 1993, 336:293-306.

Wuttke, W., Arnold, P., Becker, D., Creutzfeldt, O., Langenstein, S. y Tirsch, W. Circulating hormones, EEG and performance in psychological tests of women with and without oral contraceptives. *Psychoneuroendocrinology* 1975, 1:141-151.

Wuttke, W., Arnold, P., Becker, D., Creutzfeldt, O., Langenstein, S. y Tirsch, W. Hormonal profiles and variations of the EEG and of performances in psychological tests in women with spontaneous menstrual cycle and under oral contraceptives. En: *Psychotropic Actions of Hormones*. T.M. Itil, G. Laudahn y W.M. Herrmann (Eds). New York, Spectrum 1976, pp. 169-182.

Zaharieva, E. Survey of sportswomen at the tokyo Olympics. *Journal Sports Medicine Physiology Fitness* 1965, 5:215-219.

Zigmond, R.E. y McEwen, B.S. Selective retention of oestradiol by cell nuclei in specific brain regions of the ovariectomized rat. *Journal of Neurochemical* 1970, 17:889-899.

Zimmerman, E. y Parlee, M.B. Behavioral changes associated with the menstrual cycle: An experimental investigation. *Journal of Applied Social Psychology* 1973, 3:335-344.

Zung, W.W.K. A self-ranting depression scale. *Archives General of Psychiatry* 1965, 12:63-70.

GLOSARIO

Alopregnenolona. Metabolito de la progesterona que es un potente modulador de los receptores a GABA.

Análisis de Fourier. Análisis de un patrón complejo mediante la suma de ondas sinusoidales que permite descomponer la señal de EEG en las diferentes frecuencias que la componen y conocer la energía o potencia de cada frecuencia..

Ansiedad. Síntoma afectivo caracterizado por sentimientos subjetivos de tensión, aprensión, y activación del sistema nervioso autónomo.

17 β -estradiol. Hormona esteroide producida por las células foliculares; su principal función biológica es la proliferación celular.

Cognoscitivo. Se refiere al proceso mental de razonamiento, solución de problemas, memoria, categorización, percepción, inferencia, entendimiento del lenguaje natural, planeación y toma de decisiones.

Componentes Principales. Procedimiento estadístico multivariado que permite reducir variables, agrupando aquellas que comparten la varianza o covarianza juntas y separando aquellas que son ortogonalmente independientes entre si.

Análisis de Correlación. Método digital de la actividad EEG que establece una relación funcional entre diferentes regiones del cerebro, mediante el análisis de la relación de fase entre señales electroencefalográficas de dos áreas.

Correlación Interhemisférica. Parámetro de la actividad EEG que relaciona la señal EEG de zonas cerebrales homólogas.

Correlación Intrahemisférica. Parámetro de la actividad EEG que relaciona la señal EEG entre zonas de un mismo hemisferio.

Electroencefalografía (EEG). Registro y estudio de la actividad eléctrica del cerebro recogida por electrodos colocados en el cuero cabelludo. Abarca un rango de frecuencias entre los 0.5 a 50 Hz con una amplitud de 5 a 200 microvolts.

Etapa Ovulatoria. Etapa del ciclo menstrual en los días 13-14 en que ocurre el proceso de ovulación, la producción de estrógenos es alta, hay niveles elevados de LH y bajos de progesterona.

Etapa Folicular. Etapa que ocurre en los días del 5-12 del ciclo caracterizado por una proliferación del endometrio, maduración del folículo y por un incremento de estrógenos y niveles elevados de FSH.

Etapa Lútea. Etapa que ocurre en los días del 16-25 del ciclo menstrual que se caracteriza por la formación del cuerpo lúteo, vascularización alta, secreción activa en el endometrio, incremento en la producción de progesterona, inicio en el descenso de estrógenos y un incremento secundario y por niveles elevados de LH.

Etapa Premenstrual. Etapa que ocurre en los días del 26-28 del ciclo y se caracteriza por el inicio de la degradación del endometrio, por la regresión del cuerpo lúteo y por un decremento en los niveles de estrógenos, progesterona y de LH.

Etapa Menstrual. Etapa que ocurre en los días del 1-4 del ciclo que se caracteriza por el desprendimiento de las capas exteriores del endometrio, proceso que es conocido como sangrado menstrual. En esta etapa se inicia el desarrollo folicular, el incremento de la FSH y la producción de estrógenos y de progesterona es baja.

Hormona del Folículo Estimulante (FSH). Hormona esteroide producida por la adenohipófisis; su principal acción biológica es la maduración del folículo ovárico y la estimulación de la producción de estrógenos y su principal tejido blanco son las células granulosas y de la teca.

Hormona Luteinizante (LH). Hormona esteroide producida por la adenohipófisis; su principal función es estimular la producción de progesterona y su blanco principal es el cuerpo lúteo.

Memoria. El almacenaje de la información aprendida.

Memoria de Trabajo. Almacenamiento temporal de la información que se utiliza para guiar la acción futura.

Potencia Absoluta. Valor de la amplitud de los componentes de frecuencia del EEG los cuales se pueden agrupar en bandas del frecuencia particulares.

Potencia Relativa. Proporción o porcentaje con la que contribuye cada banda de frecuencia en particular a la señal registrada en un momento dado.

Pregnenolona. Metabolito de la progesterona que es un potente modulador de los receptores a GABA.

Progesterona. Hormona esteroide producida por el cuerpo lúteo; su principal función es preparar la implantación del blastocito y el desarrollo del sistema alveolar mamario.

Receptor NMDA. Uno de los tres tipos de receptores postsinápticos al glutamato, es activado selectivamente por drogas NMDA (N-metyl-D-Aspartato). El receptor NMDA se ha encontrado que juega un papel crítico en el neuro desarrollo y potenciación a largo plazo, debido probablemente a que es permeable al Ca²⁺.

Ritmo delta (δ). Ritmo con el rango de frecuencias más lento, entre 0.5 y 3.5 Hz y la mayor amplitud de las bandas del EEG. Se registra en las regiones anteriores (fronto-temporales) de la corteza. Este ritmo se genera en las neuronas piramidales de la corteza cerebral y refleja secuencias de procesos excitatorios e inhibitorios de la corteza.

Ritmo theta (θ). Ritmo con una frecuencia entre 4 y 7 Hz con alta amplitud y se registra en las regiones temporales y pariétales. En los mamíferos se origina en las neuronas del hipocampo.

Ritmo Alfa (α). Ritmo que abarca un rango de frecuencias entre 8 y 13 Hz., con una amplitud de alrededor de 100 microvolts y aparece en forma de husos y trenes en la región occipital en vigilia. Este ritmo se genera en los sistemas tálamo cortical y corti-cortical; se observa mejor con ojos cerrados y bajo condiciones de relajación física y de relativa inactividad mental. Las ondas alfa se pueden incrementar durante la ejecución de tareas de atención.

Ritmo Beta (β). Ritmo con una frecuencia entre los 13-30 Hz de baja amplitud y aparece en zonas anteriores (frontal y central) de la corteza cerebral. Es característico de estados de alerta y de reacción de orientación ante estímulos externos, atención focalizada. En humanos se ha observado durante la ejecución de tareas motoras con tiempo de reacción.

Sistema Nervioso Central. Porción del sistema nervioso que incluye el encéfalo y la medula espinal.

Temperatura Basal. Temperatura del cuerpo en condiciones de reposo y que se mide antes de levantarse en la mañana.

Toma de Decisiones. Proceso que se inicia en analizar un problema y termina cuando se ha escogido una alternativa entre varias disponibles. Este proceso complejo se ha atribuido a la corteza prefrontal.

Tomografía por Emisión de Positrones (PET). Técnica para examinar la estructura y función del sistema nervioso en humanos combinando la tomografía con inyecciones de sustancias radioactivas empleadas por el encéfalo. El análisis del metabolismo de estas sustancias refleja diferencias regionales de actividad encefálica.