



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE PSICOLOGÍA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ACTIVIDAD ELÉCTRICA CEREBRAL EN MUJERES CON
SÍNDROME DE OVARIO POLIQUÍSTICO DURANTE UNA
TAREA DE MEMORIA VISOESPACIAL

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIADO EN PSICOLOGÍA

PRESENTA:
ABIMELEK FLORES FLORES

Directora: Dra. Irma Yolanda del Río Portilla

Revisora: Dra. Verónica María del Consuelo Alcalá Herrera

Sinodales:

D. en C. Fructuoso Ayala Guerrero

Dra. María Dolores Rodríguez Ortiz

Dra. Itzel Graciela Galán López



Ciudad Universitaria, Ciudad De México, Mayo, 2022.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

¡Gracias a todos los que contribuyeron en este proyecto!

Principalmente quiero agradecer a mis padres Santos y Cata por todo su apoyo, amor y porras; los amo con todo mi ser, sin ustedes nada de esto hubiera sido posible. También a mis hermanos Abi y Adra por ayudarme y acompañarme en todo momento. A mis sobrinos Pao y Erik por llenar de alegraría mis días con sus ocurrencias; a mi cuñado y su familia por apoyarme cuando lo necesité.

A Richi, gracias por tu apoyo incondicional, por acompañarme en todo momento, principalmente en los más complicados.

Gracias abuelos, en especial a los que ya no están conmigo Fito y Lucho, sé que estarían muy contentos de esto; gracias a mi abue Lupita por apoyarme a mí y a mis papás.

A mi familia judoka, que en su momento me enseñó a ver el mundo de una manera diferente, en especial a Fito y Amelia.

A todos mis compañeros de Secuoya, por estar en esta etapa de mi vida y hacerme pasar días de mucha risa. Principalmente a mi jefe Alejandro por todas sus palabras, apoyo y confiar mucho en mí; Magy e Irene gracias por su amistad y por su ejemplo de resiliencia y crecimiento en la vida. Y de manera muy especial, gracias a los adultos mayores de Secuoya que me han dado mucho cariño.

Quiero agradecer a la UNAM por abrirme sus puertas y dejarme conocer y vivir cosas inolvidables como universitario. Me dio muy buenos amigos Kenia, Melissa, Juan, Cristy, Scar, Ile, Dara, Ashley, Sarahí y Bianca.

Agradezco a la Dra Yola, una de las personas más importantes en mi vida y pieza fundamental en este proyecto y en mi camino profesional. Doctora muchas gracias por abrirme las puertas del Laboratorio, confirmar en mí y por sus palabras de aliento en todo momento. Gracias a todos mis compañeros del laboratorio, he aprendido mucho de ustedes.

A la Dra. Verónica Alcalá por el tiempo que le dedico a la revisión de este proyecto, así como, a mis sinodales: Dr. Fructuoso Ayala Guerrero, Dra. María Dolores Rodríguez Ortiz y Dra. Itzel Graciela Galán López. Los datos utilizados en este proyecto forman parte del proyecto de doctorado de la Mtra. Sara Herreño, a quien agradezco por los registros.

Trabajo parcialmente financiado DGAPA-UNAM No. IN231720.

Gracias Dios y gracias vida.

Contenido

1. Hormonas y su relación con el Sistema Nervioso Central (SNC)	7
2. Síndrome del Ovario Poliquístico (SOP)	17
3. Influencia de las hormonas en los procesos cognitivos y conducta	22
4. Actividad eléctrica cerebral y hormonas	29
5. Planteamiento del problema	32
6. Método	36
7. Resultados.....	44
8. Discusión	64
9. Alcances y limitaciones	69
10. Conclusiones	70
11. Referencias.....	71

Resumen

El síndrome del ovario poliquístico (SOP) es una de las endocrinopatías más frecuentes en la edad reproductiva, generando cambios a nivel clínico, metabólico y endócrino. Existen elementos que señalan la relevancia de abordarse desde la psicofisiología. Dado lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue comparar la actividad eléctrica cerebral y el rendimiento cognitivo ante una tarea de memoria de trabajo visoespacial entre mujeres diagnosticadas con SOP y un grupo control. La muestra estuvo conformada por 17 participantes mujeres, dividida en dos grupos, (n=8) sin diagnóstico de SOP (GCT) y (n=9) con diagnóstico SOP (GSOP). Se utilizó la prueba Cubos de Corsi para evaluar la memoria de trabajo visoespacial, simultáneo al registro de la actividad eléctrica cerebral. Se encontró una tendencia del GSOP a tener un menor número de aciertos y mayor tiempo de respuesta. A nivel electrofisiológico las mujeres con SOP utilizaron un mayor número de áreas cerebrales y ritmos neuronales; los resultados del electroencefalograma en el GCT respaldan la idea de la participación del ritmo theta en las áreas frontoparietales subyacentes al componente de la memoria de trabajo y la sincronización del ritmo alfa en áreas posteriores en el mecanismo de filtración de información visual. Lo anterior sugiere que existe un patrón de funcionamiento cerebral diferente en las mujeres SOP, posiblemente asociado a un efecto activador del sistema endócrino.

Palabras clave: Síndrome del Ovario Poliquístico (SOP), Memoria de trabajo visoespacial, Actividad eléctrica cerebral.

Introducción

Las hormonas se han definido como aquellas sustancias secretadas en lugares anatómicos específicos y transportadas a diferentes puntos en los cuales tendrán una función, tal como el desarrollo fenotípico de los órganos sexuales, así como, la masculinización o feminización del cerebro (Turner, 1948). Estas sustancias tienen un efecto organizador y activador en el sistema nervioso central (SNC), el cual ha sido un campo de estudio para muchas disciplinas; algunos artículos reportan la importancia que tienen dichas sustancias en un individuo y su concentración en momentos determinados del desarrollo biológico (Yoing, Goy & Phoenix, 1964).

Se ha descrito que las hormonas sexuales se encuentran en ambos sexos, pero en concentraciones y funciones diferentes. De manera general, Eayrs (1952) refiere que los andrógenos son hormonas sexuales típicas de los machos, mientras que los estrógenos prevalecen en las hembras. La producción de dichas sustancias se encuentra modulada por dos sistemas principales: sistema nervioso central y sistema neuroendocrino; en el caso de las mujeres el establecimiento del ciclo menstrual ha funcionado como un paradigma natural en el estudio del efecto y cambios experimentados por las hormonas, tales como, cambios en el estado de ánimo, rendimiento cognitivo y en el comportamiento.

El síndrome del ovario poliquístico (SOP) es uno de los trastornos más comunes que se presenta durante la edad reproductiva, se caracteriza por tener niveles elevados de hormonas, en particular de andrógenos (Builes, Díaz, Castañeda y Pérez, 2016); presentado diferentes manifestaciones clínicas, metabólicas y endocrinas. Se ha identificado que el rendimiento cognitivo y el funcionamiento cerebral cambia de acuerdo al ciclo de las hormonas sexuales. Puesto que las hormonas influyen sobre la cognición y el comportamiento, diferentes investigaciones han estudiado los cambios que experimentan las mujeres en presencia del SOP, observando una disminución en el desempeño de

diferentes procesos tales como: fluidez verbal, memoria de trabajo, motricidad fina y un puntaje total menor en la escala de inteligencia Wechsler (Herreño y del Río-Portilla, 2019).

Conocer cómo funciona nuestro cerebro mediante el registro electroencefalográfico (EEG) ante las distintas concentraciones hormonales, ha permitido identificar los cambios electrofisiológicos experimentados a nivel cerebral ante el efecto activador de estas sustancias. El presente proyecto tiene como objetivo aportar información del funcionamiento cerebral (actividad eléctrica cerebral: EEG) durante la realización de una tarea de memoria de trabajo visoespacial simultáneo en mujeres con síndrome del ovario poliquístico.

1. Hormonas y su relación con el Sistema Nervioso Central (SNC)

La existencia de las hormonas sexuales en un individuo y su concentración en un momento determinado durante el desarrollo biológico, constituye un punto de referencia fisiológico de diferenciación sexual (Young, Goy & Phoenix, 1964). La determinación del sexo y la diferenciación sexual son procesos secuenciales que implican, de manera sucesiva, el establecimiento del sexo genético o cromosómico; es decir la determinación del sexo gonadal o primario en respuesta al sexo genético y la regulación por parte del sexo gonadal. Amado y Flores (2003) mencionan que el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios, específicos de cada sexo, en la etapa de la pubertad refuerza la expresión fenotípica del dimorfismo sexual.

En la mayoría de los mamíferos el concepto de dimorfismo sexual ha sido utilizado para describir el conjunto de características biológicas en que difieren en promedio la mayoría de los sexos, las cuales abarcan desde la determinación genética a la distinta acción hormonal entre hembras y machos (Arrighi, 2012). A lo largo del desarrollo biológico, un ejemplo de ello, es una vez establecido el sexo gonadal (testículo u ovario), posteriormente las diferentes secreciones hormonales serán las responsables de la mayoría de los cambios de la diferenciación sexual, genital, extragenital y cerebral. Una hormona ha sido definida como aquella sustancia secretada en lugares anatómicos específicos y transportadas a diferentes puntos en los cuales tendrán una función, de tal forma que estas sustancias son capaces de producir cambios a nivel celular (Turner, 1948).

Las diferentes funciones del cuerpo humano son reguladas por distintos sistemas de control que trabajan de forma sistémica, es decir no solamente en cuanto a los componentes independientes sino en relación con la interacción que estos sistemas mantienen entre sí, existen dos principales: sistema nervioso y sistema endócrino. El primero está compuesto por dos divisiones básicas, el sistema nervioso central (SNC) conformado a su vez por aquellas partes encontradas dentro de los huesos del cráneo y

columna vertebral; y el sistema nervioso periférico (SNP) localizado fuera de los huesos mencionados anteriormente y compuesto por los nervios y la mayoría de los órganos sensoriales (Carlson & Clark, 2014). Por su parte, el sistema endócrino está conformado por diferentes hormonas, glándulas (células que las secretan) y órganos que guían el desarrollo, crecimiento, reproducción y conducta de las especies (Corr, 2008).

La actividad conjunta de estos dos sistemas por un lado controla el mantenimiento de un ambiente interno estable a través de la comunicación neuronal, proceso conocido como sinapsis. Lo anterior tiene como resultado la excitación o inhibición de otras neuronas, así como también la contracción o relajación de fibras que a su vez pueden aumentar o disminuir la secreción de células glandulares. De tal forma que la médula suprarrenal y la hipófisis posterior secretan sus hormonas en función y respuesta a los estímulos nerviosos, mientras que las hormonas de la hipófisis anterior son secretadas por el hipotálamo en función de su actividad nerviosa (Thibodeau & Patton, 1995; Silverthorn, 2008; Fox, 2015); este sistema es conocido como neuroendocrino, el cual trabaja en conjunto con el sistema nervioso central y sistema nervioso periférico.

El sistema neuroendocrino está constituido por hormonas, glándulas (células que las secretan), efectos fisiológicos y psicológicos; así como también, la comunicación con otros sistemas que utilizan hormonas en sangre como transmisión de información, que son importantes en muchas funciones del desarrollo y activación biológica, teniendo un efecto significativo en el funcionamiento cerebral (Pinel, 2001).

Las hormonas se han logrado clasificar de acuerdo a sus características químicas y factores, es decir, por sus acciones observadas. Dicho lo anterior la mayoría de las hormonas caen dentro de tres grupos principales (Corr, 2008):

- A. Hormonas derivadas de aminoácido, existen de dos tipos: hormonas tiroideas (sintetizadas en la glándula tiroides) y catecolaminas (sintetizadas en la médula suprarrenal).

- B. Hormonas peptídicas y proteicas, son cadenas de aminoácidos que se diferencian por su longitud.
- C. Hormonas esteroideas que se sintetizan a partir de moléculas de grasa como la hidrocortisona y corticosterona liberadas de la corteza suprarrenal, un ejemplo de estas son las hormonas sexuales.

Respecto a las hormonas sexuales o gonadales, se han clasificado en dos grupos principales: andrógenos y estrógenos, la testosterona es el principal andrógeno y estradiol el principal estrógeno; esta clase de hormonas también son sintetizadas y liberadas en la glándula suprarrenal (Eayrs, 1952). Sin embargo, investigaciones posteriores identificaron una clase de hormonas llamadas progestinas que son liberadas por los ovarios y testículos siendo la progesterona la principal de ellas (Hess, Bunick, Lee, Bahr, Taylor, Korach & Lubahn, 1997).

Dicho lo anterior, las hormonas sexuales se encuentran en ambos sexos, pero en concentraciones y funciones diferentes. A grandes rasgos se ha descrito que los andrógenos son hormonas sexuales típicas de los machos, mientras que los estrógenos prevalecen en las hembras. Como se mencionó anteriormente los efectos fisiológicos están directamente relacionados con los niveles de concentración hormonal en sangre, lo cual depende de tres factores principales: tasa de producción (síntesis y secreción de hormonas, reguladas por ciclos de retroalimentación), tasa de suministro (cantidad hormonal que llega a las células blanco) y tasa de supervivencia (degradación y metabolización de las hormonas) (Corr, 2008; Pinel, 2001).

Receptores a estrógenos y andrógenos

Las glándulas endócrinas liberan las hormonas directamente al torrente sanguíneo, sin embargo, se ha descrito que otros órganos como el estómago, intestino y corazón liberan hormonas en la sangre sin ser su principal objetivo. Ya que estos órganos forman parte del sistema endocrino difuso. Estas hormonas serán liberadas en distintos intervalos de tiempo, estos pueden ser desde minutos, horas e incluso en ciclos a largo plazo como aquellas asociadas con el ciclo menstrual (Cutler, Preti, Krieger, Huggins, Garcia & Laxley, 1986; Turner, 1948; Corr, 2008).

La acción endócrina se ha descrito como un proceso en el cual las hormonas secretadas en la sangre son transportadas a otro sitio que será llamado “células blanco”, en donde generará un cambio a nivel celular (Litwack & Schmidt, 2004). Aunque las hormonas entran en contacto con la mayoría de las células del cuerpo, se enfocarán únicamente a aquellas células blanco con los receptores específicos para las moléculas hormonales. Al unirse las hormonas con sus respectivos receptores, se activan los procesos moleculares que comprenden la acción hormonal. Se han logrado clasificar en dos tipos: receptores superficiales y receptores intracelulares (Schulkin, 1998; Corr, 2008).

Los receptores superficiales se caracterizan principalmente por la activación de enzimas para producir la acción o efecto de las hormonas, corresponden en su mayoría a las siguientes clases de hormonas: proteicas, peptídicas y derivadas de aminoácidos. Las cuales funcionan como un enlace entre la hormona y el receptor, en este caso el receptor se localiza en la superficie de la célula y este a su vez activa una cascada de señalización que conduce un segundo mensaje que cambiará la actividad de otras moléculas que se localizan dentro de la célula (Sarkey, Azcoitia, García-Segura, Garcia-Ovejero & DonCarlos, 2008).

Los receptores intracelulares son aquellos que se enlazan dentro la misma célula, modificando la transcripción del Ácido Desoxirribonucleico (ADN), estimulando o inhibiendo la expresión de los genes. Por lo cual, este tipo de receptores corresponden en su mayoría

a las hormonas esteroideas que se encuentran directamente relacionadas con el desarrollo biológico y comportamiento sexual (Grazzini, Guillon, Mouillac & Zingg, 1998).

A nivel cerebral se han identificado dos clases de receptores para andrógeno y estrógenos, uno de ellos son los receptores clásicos nucleares y otros son los receptores ubicados en el citoplasma y la membrana celular. Los primeros están involucrados en la acción de los esteroides como un factor de transcripción que son activados por ligando; los segundos tienen acciones no genómicas, por lo cual son más rápidas que en los receptores clásicos (Kubli, 1993).

Por su parte, los receptores androgénicos se han clasificado en dos clases: membrana nuclear que se encargan de mediar los procesos genómicos y de membrana celular y citoplasma que están involucrados en los procesos cognitivos y del funcionamiento del sistema nervioso central (MacLusky, Naftolin & Goldman-Rakic, 1986; Maclusky, Walters, Clark & Toran-Allerand, 1994).

Investigaciones en modelos animales han logrado identificar la distribución a nivel cerebral de los receptores nucleares, así como también la descripción de dichos receptores. Un estudio realizado con ratas hembras, reportó que el receptor estrógeno- α (E α) predomina en el núcleo posterolateral cortical, área hipocampal amigdalina y núcleo dorsolateral; el receptor estrógeno- β (E β) predomina en áreas como el núcleo central y anterodorsal medial (Österlund, Kuiper, Gustafsson & Hurd, 1998).

Estudios realizados por Weiser, Firadori y Handa (2008), reportaron que tanto el receptor estrógeno- α y estrógeno- β presentan una alta concentración en el núcleo posterodorsal medial, sin embargo, el receptor estrógeno- α es más abundante en el núcleo arcuato del hipotálamo y el receptor estrógeno- β es más abundante en el hipocampo.

Por otro lado, diferentes investigadores han estudiado la expresión de dichos receptores y su diferenciación neuroanatómica con respecto al sexo. Han encontrado que en ambos sexos se identificaron receptores estrógeno- β en el núcleo amigdalino lateral,

corteza cerebral, células de Purkinje, banda diagonal, locus coeruleus, septum medial, núcleo motor trigeminal, sustancia nigra, sustancia central, núcleo olfatorio anterior, núcleo rojo, entre otras (Zhang, Cai, Zhou & Su, 2002). La densidad de estos receptores en las diferentes áreas cerebrales tiene implicaciones sobre los procesos cognitivos, tales como el aprendizaje y la memoria. En la rata macho se identificó una mayor expresión del receptor E β en el núcleo mamilar medial y el locus subcoeruleus, mientras que en la rata hembra se detectó el receptor únicamente en el núcleo vestibular superior. En el caso de la rata hembra, se identificó una mayor expresión con este marcador en el núcleo septal medial, células piramidales de CA3 y CA4, giro dentado y núcleo amigdalino lateral (Zhang et al., 2002).

Como se ha descrito en los párrafos anteriores los receptores estrogénicos pueden variar su densidad y localización de acuerdo al sexo, sin embargo, se ha descrito que los factores ambientales en las etapas del desarrollo alteran dichas concentraciones. Un estudio realizado en ratas de ambos sexos reportaron las alteraciones en los niveles de concentración de los receptores de estrógeno por efectos de la testosterona; encontraron que las hembras poseen un mayor número de estos receptores en comparación con los machos, sin embargo, en un grupo de machos gonadectomizados la cantidad de receptores fue similar al del grupo de las hembras control en áreas como: núcleo arcuato, área preóptica medial, área preóptica paraventricular y núcleo ventromedial. En contraste, ante la administración de andrógenos en las ratas hembras encontraron una disminución en los receptores a estrógenos en comparación con su grupo control (Kühnemann, Brown, Hochberg & MacLusky, 1995).

Los trabajos anteriores aportan evidencia sobre la influencia que tiene la concentración de dichas hormonas en la densidad de los receptores, así como también los efectos de la manipulación de los andrógenos y estrógenos en las distintas etapas del desarrollo.

Papel organizador y activador de las hormonas

Se ha descrito que una de las características importantes de las hormonas es que pueden funcionar como agonistas o antagonistas, al igual que los neurotransmisores. La función agonista de las hormonas es cuando la molécula se enlaza con el receptor y produce cambios posteriores, por otra parte, la función antagonista es cuando la molécula se enlaza con el receptor, pero este ya no genera ningún cambio y bloquea el enlace de los agonistas (Corr, 2008; Becker, Breedlove, Crews & McCarthy, 2002). Sin embargo, las hormonas a diferencia de los neurotransmisores utilizan la sangre como medio de transporte e influyen en la conducta mediante procesos de plasticidad provocando dos efectos principales: organizador y activador.

Estos dos efectos de organización y activación se observan en un continuo temporal, en un inicio por los efectos organizadores permanentes que involucran cambios a nivel del SNC; mientras que los efectos activadores se presentan más adelante como neuromoduladores (Collaer, Tory & Valkenburgh, 2004).

Efecto organizador de las hormonas

Se han definido como aquellos cambios morfológicos en los órganos sexuales como del SNC, ante la exposición de las hormonas. Diferentes investigaciones han reportado que estos cambios ocurren desde el 3 y 4 mes de gestación, tiempo en el que los órganos son susceptibles a las concentraciones hormonales (Pinel, 2001; Kühnemann et al., 1995). Este efecto de organización hace referencia a la influencia que tienen las hormonas en la citoarquitectura y estructura que tiene el cerebro durante el desarrollo, desde el periodo fetal hasta la pubertad, sin embargo, Wong y Álvarez (2013) mencionan que este efecto se mantiene durante más tiempo.

La función organizadora se identifica desde el desarrollo prenatal al intervenir y modular en el desarrollo de órganos sexuales específicos para cada uno de los sexos. Investigaciones de Phoenix, Goy, Gerall y Young (1959) reportan que la conducta sexual

típica de los adultos se describe como un efecto activador que a su vez fue programada y organizada por las hormonas sexuales que actuaron sobre el sistema nervioso durante el periodo prenatal, por lo cual, desde antes del nacimiento existe un dimorfismo sexual funcional en el cerebro que se ve involucrado en el desempeño ante diferentes habilidades cognitivas.

En la etapa prenatal del humano y otros mamíferos, las gónadas son idénticas, es decir, estos organismos poseen información genética de hombre (XY) y de mujer (XX), esta etapa es conocida como sexualmente indiferenciada. Como se mencionó anteriormente, durante los primeros meses de gestación se inicia un proceso de organización hormonal conocido como diferenciación sexual. Durante este proceso de diferenciación sexual, tanto el sistema de Müller que es el precursor del desarrollo de los órganos sexuales femeninos (fimbrias, trompas de Falopio, útero y los dos tercios internos de la vagina), como el sistema de Wolff que es el precursor del desarrollo de los órganos sexuales masculinos (epidídimo, conducto deferente, vesículas seminales y la próstata) se ven modulados por las concentraciones de las hormonas sexuales, por lo cual, uno de los órganos se desarrollará y el otro se desvanecerá (Carlson, 1999).

A lo largo de este proceso de diferenciación lo que determina la ruta del desarrollo es la presencia o ausencia de testosterona, ya que la exposición a esta hormona conduce al desarrollo siguiendo la ruta femenina o masculina. Dependiendo de las hormonas segregadas por los testículos, es que se determina el sexo del feto ya que en esta etapa los testículos del feto XY secretan dos tipos de hormonas: la hormona inhibitoria del sistema de Müller (MIH) y andrógenos. La hormona inhibitoria del sistema de Müller (MIH) impide el desarrollo de éste, por lo cual, tiene un efecto desfeminizante, mientras que los andrógenos principalmente testosterona y dihidrotestosterona (DHT) estimulan el desarrollo del sistema de Wolff teniendo un efecto masculinizante (Carlson, 1999). Se ha descrito que el efecto feminizante, es decir, el desarrollo del sistema de Müller no necesita ningún estímulo hormonal de las gónadas para desarrollarse. Existen dos genes relacionados con la

determinación del sexo durante esta etapa de diferenciación sexual, el gen masculinizante SRY y el gen feminizante DAX1 (Cookson, 1994; Meeks, Weiss y Jameson, 2003).

El papel organizador de las hormonas se ha podido respaldar en trabajos con ratas y monos expuestos a concentraciones variables de hormonas y sus efectos en la diferenciación sexual. Un estudio con ratas machos y hembras a los que se restringieron de concentraciones de testosterona desarrollaron un comportamiento típico femenino, mientras que hembras expuestas a concentraciones de andrógenos durante etapas tempranas críticas en el desarrollo expresaban conductas típicas masculinas (Goy & McEwen, 1980). Estudios en ratas hembras expuestas a una sola dosis de testosterona el día de su nacimiento, mostraron en la adultez una disminución en su comportamiento sexual femenino y un aumento en la expresión masculinizante, comparado con su grupo control; mientras que una rata masculinizada pero no desfeminizada desarrolla ambas formas de comportamiento sexual, es decir, la monta y la recepción de una posición femenina (Goy, Bercovitch y McBair, 1988; Goy & McEwen, 1980).

En animales humanos Bernbaum y Hines (1992) reportaron que las mujeres expuestas a niveles elevados de andrógenos durante el desarrollo prenatal tienden a tener un rol de juego masculinizado, sin embargo, los estudios en animales humanos siguen sin ser concluyentes.

Efecto activador de las hormonas

Se ha descrito que las hormonas modulan diferentes aspectos de la conducta sexual e inducen un patrón en el dimorfismo sexual, el efecto activador se ha relacionado a su vez con la activación de células diana para facilitar conductas en contextos específicos. Es decir, se relaciona con cambios transitorios, específicos y determinadas por la concentración de las hormonas en un momento determinado (Carlson, 1999; Wong & Álvarez, 2013).

Algunos estudios han reportado el efecto activador de las hormonas y los cambios en la conducta sexual; Moreines y Powers (1977) realizaron trabajos con ratas hembras, observaron la participación de las hormonas gonadales en la activación de la conducta sexual, el ciclo estral y la conducta reproductiva. Investigaciones en ratas machos han reportado que su conducta sexual hacia la monta, erección, penetración y eyaculación con la hembra se ve motivada por la activación de la testosterona. A nivel cerebral se ha descrito que el área preóptica del hipotálamo funciona como un centro de integración que modula los efectos de la testosterona en la ejecución de la conducta sexual, de igual forma, se ha reportado que el sistema dopaminérgico mesolímbico está involucrado en la motivación de los machos en la conducta sexual (Wong & Álvarez, 2013; González & Deis, 1986; Novakov & Fleming, 2005).

Con respecto al ciclo menstrual en las mujeres, Botella Lluísá (1995) menciona que existe evidencia que lo describe como posible efecto activador de las hormonas esteroides, el aumento de los andrógenos de origen adrenal y su aromatización a estrógenos tienen un efecto en la maduración del eje hipotálamo-hipófisis gonadal.

En conclusión, podríamos inferir que el efecto organizador implica cambios estructurales a largo plazo mientras que el efecto activador es importante para la conducta y respuesta sexual teniendo un efecto a corto plazo (Pinel, 2001; Fitch & Denenberg, 1998). El cerebro requiere de una cantidad precisa de hormonas para su adecuado funcionamiento cognitivo, desviaciones atípicas en estas sustancias comprometen su organización funcional, como, por ejemplo, el síndrome del ovario poliquístico, una de las endocrinopatías más frecuentes que afecta la etapa reproductiva de la mujer y se caracteriza por niveles elevados de andrógenos. En el siguiente capítulo se describen los aspectos más importantes de esta patología.

2. Síndrome del Ovario Poliquístico (SOP)

El sistema endócrino es el que regula la producción de las hormonas, existen dos estructuras cerebrales que participan en dicho funcionamiento: una de ellas es el hipotálamo que está situado en parte central de la base del cerebro y es responsable de la secreción de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH), la segunda estructura es la hipófisis, también conocida como la pituitaria (Turner, 1948).

En el ciclo menstrual de la mujer se ha descrito que las hormonas sexuales sintetizadas en el ovario son los andrógenos, los estrógenos y los progestágenos. Al igual que ocurre con el testículo, la regulación de esta esteroidogénesis depende de la Hormona Foliculoestimulante (FSH) y la Hormona luteinizante (LH). En este caso, la producción hormonal sigue los siguientes pasos (Figura 1):

1. La LH estimula la producción de andrógenos de los folículos ováricos.
2. Los andrógenos son convertidos en estrógenos en las células de la granulosa, acción estimulada por la FSH.
3. Se inicia el ciclo menstrual y la producción de estrógenos va aumentando.
4. A mitad del ciclo menstrual, hay un aumento pronunciado de la LH que provoca la ovulación.
5. Después de la ovulación, las células de la granulosa inician la síntesis de progesterona y el folículo se convierte en un cuerpo lúteo.

Niveles hormonales durante el ciclo menstrual

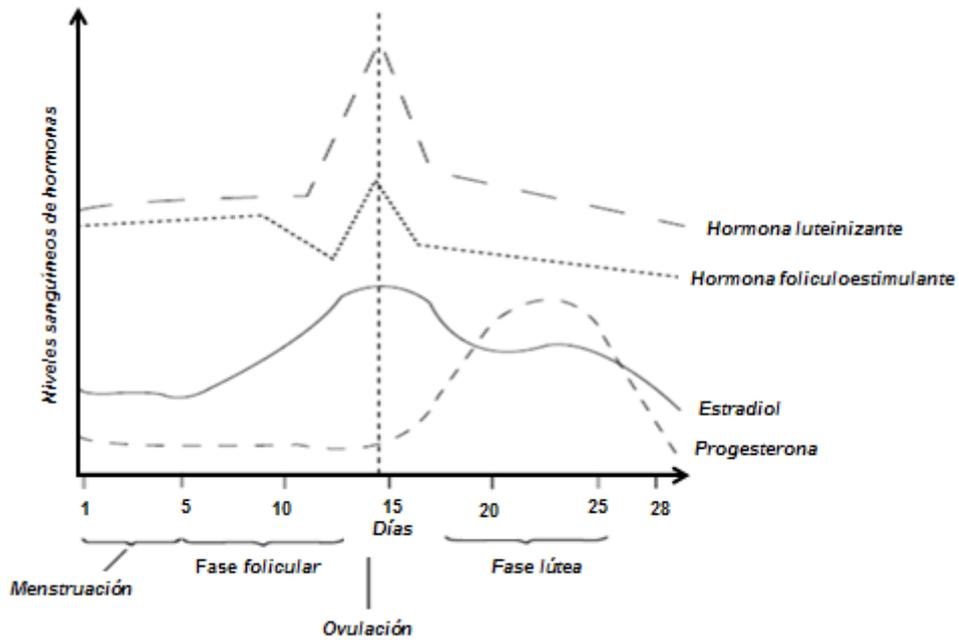


Figura 1. Gráfica de los niveles hormonales en sangre durante las diferentes fases de ciclo menstrual, se muestra niveles hormonales bajos en la fase menstrual, a partir del día 10 aumentan los niveles de estradiol y en la fase lútea media niveles más altos de progesterona y estradiol (Tomado y modificado de Corr, 2008).

El ciclo menstrual es un periodo de aproximadamente 28 días, en el que la mujer experimenta cambios en su cuerpo, especialmente en el útero y los ovarios de su sistema reproductor, por la acción de las hormonas sexuales femeninas (Dreher, Schmidt, Kohn, Furman, Rubinow & Berman, 2007). Dicho lo anterior, podemos identificar que el nivel de las hormonas sexuales en la mujer varía en función de la fase del ciclo menstrual, sin embargo, existen alteraciones en estos niveles hormonales ocasionando diferentes endocrinopatías.

Una de las endocrinopatías más frecuentes en las mujeres es el síndrome del ovario poliquístico (SOP); se caracteriza por tener niveles elevados de hormonas, en particular de andrógenos (Builes, Díaz, Castañeda y Pérez, 2016). El diagnóstico de este síndrome es frecuente en la edad reproductiva, la prevalencia es entre 4 y 12 % (Sheehan, 2004).

La etiología del SOP no está del todo clara, sin embargo, se ha reportado que estos cambios en los niveles hormonales dificultan a los ovarios la liberación de óvulos maduros. Michelmore, Balen, Dunger y Vessey (1999) mencionan los estrógenos y la progesterona son hormonas que se encuentran afectadas en el SOP, dado que, en condiciones típicas ayudan a los ovarios a liberar óvulos. En este síndrome, los óvulos maduros no se liberan y permanecen en los ovarios circundados por una pequeña cantidad de líquido.

En la tabla 1 se resumen las principales teorías acerca de la etiología del SOP, sin embargo, ninguna de ellas ha sido concluyente. Los mecanismos mencionados anteriormente, como se observa en la figura 2, generan diferentes manifestaciones clínicas, endocrinológicas y metabólicas, como, por ejemplo: irregularidades menstruales, infertilidad, aumento en el número de pequeños quistes en los ovarios problemas en la piel como acné y aumento de vello.

Tabla 1. Principales teorías del SOP

Teoría central García-Rudaz et al. (1998) Ropelato et al. (1999)	Teoría ovárica Ibañez et al. (1996)	Teoría insulinoresistencia DeUgarte et al. (2005)
<ul style="list-style-type: none"> ° Alteración en la regulación de hormonas hipotálamo-hipofisarias. ° Aumento en la frecuencia y amplitud de los pulsos de la hormona luteinizante (LH). ° El aumento de LH podría estar relacionado con la frecuencia de estimulación de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH). 	<ul style="list-style-type: none"> ° Los cambios en gonadotropinas están relacionados con una alteración ovárica. ° La alteración ovárica genera una hipertrofia tecal y la sobreproducción de andrógenos. 	<ul style="list-style-type: none"> ° La insulina participa en el desarrollo de los folículos, por lo cual, esta endocrinopatía puede deberse a una sensibilidad de la insulina a nivel ovárico. ° El hiperandrogenismo ovárico es producido por la hiperinsulinemia. ° La insulina estimula la secreción de LH o propiciará una mayor sensibilidad de la GnRH.

El diagnóstico del SOP se basa principalmente en la historia clínica, actualmente basta con la presencia de dos de los siguientes tres criterios (Rotterdam ESHRE/ASRM-Sponsored PCOS Consensus Workshop Group, 2004):

1. Oligoovulación o anovulación (ciclo durante el cual los ovarios no pueden soltar un óvulo).
2. Niveles elevados de andrógenos circulantes o manifestaciones clínicas de exceso de andrógenos ováricos.
3. Morfología de ovarios poliquísticos definida por ecografía.

Modelo multifactorial de las manifestaciones del SOP

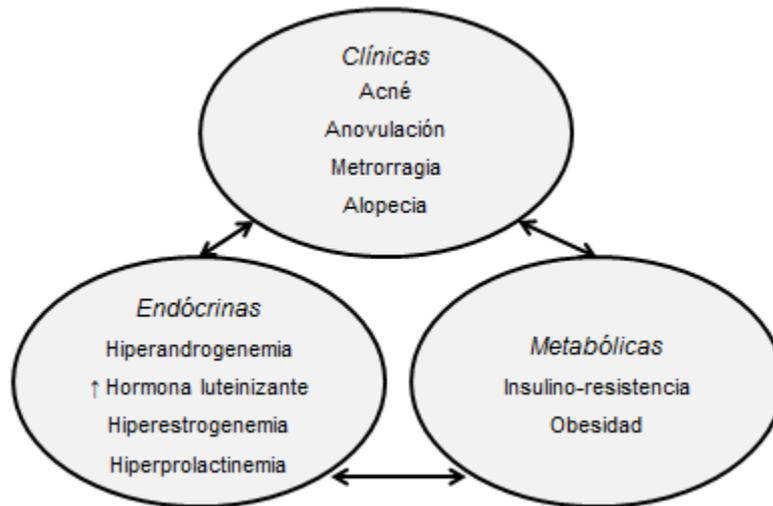


Figura 2. Modelo SOP, tres principales esferas que intervienen en las manifestaciones y características diagnósticas, como: clínicas, endócrinas y metabólicas que se presentan en las mujeres; las cuales están relacionadas. (Modificado de Builes, Díaz, Castañeda y Pérez, 2016).

Existen evidencia que describe la participación de las hormonas en el desempeño cognitivo y la conducta. El SOP, al tener un componente hormonal en su etiología ha sido de interés para algunos investigadores conocer dichos cambios en el desempeño cognitivo, los cuales podrían estar involucrados en el funcionamiento cerebral. En el siguiente capítulo se describen algunos de estos trabajos.

3. Influencia de las hormonas en los procesos cognitivos y conducta

Existen numerosos estudios que se han centrado en describir las diferencias entre hombres y mujeres en las distintas áreas biopsicosociales, aunque la evidencia científica no ha sido concluyente, estos trabajos han encontrado diferencias en la percepción de las emociones y en algunas habilidades cognitivas, así como, las estrategias utilizadas para responder a ellas.

Un estudio realizado por Corsi-Cabrera, del Río Portilla y Muñoz Torres (2007) describieron las diferencias sexuales ante la ejecución de tareas que evalúan los distintos procesos cognitivos; encontraron que las mujeres tienen un mejor desempeño en el lenguaje ante tareas que evalúan tanto la velocidad como la fluidez, mientras que los hombres puntuaron más alto en la resolución de tareas visoespaciales, tales como, manipulación espacial, rotación y transformación mental de las formas.

Respecto al desempeño ante otros procesos cognitivos, Kimura (2002) reportó que las mujeres tienen un mejor desempeño en pruebas que evalúan habilidades aritméticas, motoras finas, velocidad perceptual, memoria espacial y memoria verbal; mientras que los hombres tienen una mejor ejecución en el armado de rompecabezas, pruebas de razonamiento matemático y habilidades motoras relacionados con la precisión a un punto específico.

Dado lo anterior, se han realizado estudios complementarios en los cuales evalúan las diferencias entre sexos con relación a los aspectos emocionales, encontraron que las mujeres expresan y experimentan las emociones con mayor intensidad en comparación con los hombres (Fabes & Martin, 1991; Hall, 1978). De la misma manera se ha descrito que las mujeres tienen una mejor habilidad para reconocer el contenido emocional de las expresiones faciales y el contenido de la información auditiva en comparación con los hombres (Bremner, Soufer, McCarthy, Delaney, Staib, Duncan & Charney. 2001;

Campanella, Rossignol, Mejias, Joassin, Maurage, Debatisse, Bruyer, Crommelinck, & Guerit, 2004; Mandal & Palchoudhury, 1985).

Se han realizado investigaciones respecto a las diferencias sexuales en la epidemiología de los trastornos emocionales, Pigott (1999) reportó que las mujeres tienden a presentar con mayor frecuencia trastornos de ansiedad y depresión en comparación con los hombres. Estos estudios demuestran las diferencias anatómicas y funcionales entre el cerebro masculino y femenino las cuales se deben a la interacción de diferentes factores biológicos, ambientales, culturales y evolutivos.

Por otra parte, existe evidencia acerca de las variaciones en el rendimiento cognitivo con relación a las distintas fases de los ciclos hormonales. Otero, Rodríguez y Andrade (2009) realizaron un estudio en el cual evaluaron cognitivamente diferentes modalidades de la memoria en 20 hombres y 19 mujeres en distintas fases del ciclo hormonal, a los hombres en dos fases del ciclo de testosterona (matutino y vespertino) y en las mujeres respecto al ciclo menstrual (fase menstrual y fase lútea); con base en los resultados obtenidos reportaron que independientemente a la fase hormonal las mujeres tienen un mejor desempeño en comparación con los hombres ante tareas de memoria verbal a largo plazo y memoria visual de objetos a corto plazo y largo plazo, mientras que los hombres tienen un mejor desempeño en la prueba de memoria inmediata de dígitos. En este mismo estudio observaron que el rendimiento en la memoria de trabajo y la memoria visoespacial es mejor en ambos sexos cuando los niveles hormonales son bajos, mientras que durante la evocación visual de objetos a corto plazo es mejor durante la fase de niveles hormonales altos.

En el caso de las mujeres, el ciclo menstrual proporciona un paradigma natural conveniente para investigar las variaciones en el estrógeno y la progesterona, Kimura y Hampson (1994) evaluaron a un grupo de mujeres en los diferentes estadios del ciclo hormonal, una evaluación durante la fase lútea la cual se caracteriza por niveles altos de estrógenos y progestágenos, y otra evaluación en la fase menstrual cuando los niveles de

ambas hormonas son muy bajas. Observaron que las mujeres tuvieron un mejor rendimiento en las pruebas de destreza manual y lenguaje, por otro lado, un menor desempeño ante tareas espaciales durante la fase lútea del ciclo, estos resultados pusieron en evidencia que los niveles altos de hormonas ováricas pueden facilitar habilidades que muestran una ventaja femenina pero una desventaja para las habilidades masculinas.

Además de los cambios cognitivos vinculados a las distintas fases del ciclo menstrual, se ha estudiado el contenido de los testimonios de mujeres en los cuales describen los cambios cognitivos y en el estado de ánimo experimentados a largo del ciclo de las hormonas sexuales. Con respecto a los cambios emocionales, se ha descrito que a nivel del SNC los estrógenos actúan como neuromoduladores, modificando la concentración de los neurotransmisores e incrementando la liberación de triptófano, un aminoácido relacionado con la síntesis de la serotonina, neurotransmisor que se ha vinculado con la sintomatología depresiva (Vietez, López Mato, Boullosa, Illa, Márquez y Pérez, 2000). En relación con los efectos de la progesterona en el estado de ánimo, se ha reportado que en concentraciones elevadas produce síntomas como mareos, somnolencia y efectos sedantes, así como, una acción agonista de la monoaminoxidasa (MAO) la cual a su vez incrementa la degradación de aminas que en niveles bajos en plasma se asocian con síntomas tales como: tristeza, anhedonia, apatía y fatiga (Vietez et al., 2000).

También se ha investigado el contenido subjetivo de los testimonios de mujeres en cuanto la dificultad para iniciar las actividades de la vida cotidiana, así como también las habilidades de afrontamiento emocional; Corsi-Cabrera, del Río Portilla y Muñoz-Torrez (2007) mencionan que la influencia de los esteroides ováricos en la corteza prefrontal podría estar involucrados en funcionamiento ejecutivo. Un estudio realizado con resonancia magnética a 12 mujeres sin síntomas premenstruales, reportaron los cambios en distintas fases de ciclo hormonal en la actividad de la corteza orbitofrontal (COF) área implicada en la representación y regulación de estímulos emocionales, observaron un incremento en la actividad de la COF antero medial en la fase premenstrual ante los estímulos negativos en

comparación con estímulos neutros, sin embargo, esta actividad disminuyó al término de esta fase hormonal. Los datos anteriores ayudan a comprender el cambio del comportamiento emocional experimentado a lo largo del ciclo y un posible efecto compensatorio en la modulación de la actividad cerebral para enfrentar estos cambios influenciados por las hormonas (Protopopescu, Pan, Altemus, Tuescher, Polanecsky, McEwen, Silbersweig & Stern, 2005).

Desde otras líneas de investigación algunos científicos se han interesado por estudiar el efecto de las hormonas sexuales en la cognición y el comportamiento, en pacientes expuestos a concentraciones atípicas de estas sustancias, así como también diagnosticadas con distintas endocrinopatías.

Estudios en pacientes diagnosticadas con el síndrome de Turner (ST) el cual es un trastorno genético que afecta a las niñas al nacer y es a causa de un cromosoma X0 incompleto o ausente, por lo que presentan deficiencias en los niveles de estrógeno y testosterona (Ross, Roeltgen & Zinn, 2006). Un estudio comparativo acerca de las habilidades cognitivas realizado por Collaer, Geffner, Kaufman, Buckingham y Hines (2002) evaluaron a dos grupos de niñas cada uno compuesto por 21 participantes, un grupo con el diagnóstico de ST y otro sin ST; encontraron que las participantes con el ST pueden presentar un rendimiento cognitivo semejante en algunas tareas verbales, pero un menor desempeño ante tareas de atención, memoria de trabajo, habilidades aritméticas, habilidades espaciales y motoras en comparación con las participantes sin ST.

Los hombres transexuales son una población interesante para estudiar los efectos de la administración de testosterona, investigaciones en esta población han reportado un mejor desempeño en habilidades visoespaciales, pero un menor rendimiento en tareas verbales (Slabbekoorn, van Goozen, Megens, Gooren & Cohen-Kettenis, 1999).

Por su parte, Thilers, MacDonald y Herlitz (2006) realizaron investigaciones complementarias acerca de los efectos de la testosterona en hombres y mujeres

cisgéneros, encontraron que en los hombres un alto nivel de testosterona se correlaciono positivamente con un mejor rendimiento en habilidades espaciales, memoria semántica y episódica, en el caso de las mujeres los niveles de testosterona libre se correlacionaron de forma negativa ante tareas de fluidez verbal, memoria semántica y episódica.

El Síndrome del Ovario Poliquístico (SOP) es una endocrinopatía, en la cual, se han realizado pocas investigaciones y no han sido concluyentes, acerca de los cambios cognitivos que presentan estas mujeres al ser diagnósticas. Un estudio realizado por Schattmann y Sherwin (2007) evaluaron a un grupo de mujeres canadienses diagnosticadas con SOP y un grupo control, observaron que las mujeres que tenían niveles altos de testosterona libre tuvieron un menor rendimiento en las pruebas de fluidez verbal, memoria verbal, destreza manual y memoria de trabajo visoespacial.

Un estudio reciente en población mexicana, Herreño y del Río-Portilla (2019), evaluaron a 20 mujeres: 10 con SOP y 10 control; aplicaron la prueba de inteligencia Wechsler para adultos. En sus resultados encontraron que el grupo SOP obtuvo un menor desempeño en las habilidades cognitivas, de igual forma, observaron puntajes estadísticamente significativos (menores) en el CI verbal y CI total en la prueba Wechsler.

Dado lo anterior, son interesantes las aportaciones de los artículos en los que se concluye que a pesar del hiperandrogenismo en las mujeres SOP y del papel que juegan los estrógenos y la testosterona en el rendimiento cognitivo, plantean que en esta población pareciera no estar asociado con un perfil masculinizado sino a una disminución en el desempeño ante tareas consideradas ventajosas en el perfil cognitivo femenino.

En el presente estudio en población mexicana con un diagnóstico SOP, la memoria de trabajo visoespacial es uno de los procesos cognitivos de interés para conocer el funcionamiento cerebral mediante el registro electroencefalográfico. Dicho lo anterior, la memoria se ha definido como un proceso en el que conocimiento sobre el mundo es codificado, almacenado y posteriormente recordado (Squire & Kandel, 2003). La

codificación es la transformación de la estimulación sensorial en diferentes códigos de almacenamiento con el fin de poder almacenar información recibida, procesos que pueden ser conscientes o inconscientes. El almacenamiento y consolidación es el resultado de la elaboración de la información previamente codificada con el objetivo de crear un registro temporal o permanente de la información. Finalmente, la recuperación es el acceso y evocación verbal o procedimental de la información almacenada previamente (Pérez, 2005).

El desarrollo de la neuropsicología ha demostrado que la memoria es una función supra modal no unitaria, que depende del funcionamiento de numerosos circuitos que se localizan en distintas estructuras del sistema nervioso central. Numerosos estudios han categorizado la memoria en diferentes dimensiones, así como, la complejidad en cuanto a las estructuras neuronales involucradas en este proceso que van desde el encéfalo hasta el cerebelo (Atkinson & Shiffrin, 1968; Squire, 2004).

Baddeley (1992), propuso un modelo que representa las distintas modalidades de la memoria de trabajo, en el cual reporta que está integrada por los siguientes 3 componentes:

1. Ejecutivo central: no almacena información, pero mantiene, controla y coordina el set atencional.
2. Bucle fonológico: almacena información auditiva-verbal.
3. Visoespacial: almacena información visual y espacial

El bucle fonológico y visoespacial proveen un almacenamiento y manipulación de estímulos de forma temporal, su capacidad es limitada ya que solo almacena 7 ± 2 elementos, es activa (almacena y manipula) y sus contenidos se actualizan permanentemente. Las estructuras cerebrales involucradas son: área prefrontal (áreas dorsolaterales y cinguladas), en colaboración con el área de Broca, Wernicke y las áreas parietooccipitales de asociación (Pérez, 2005).

En conclusión, existe evidencia que describe la participación de las hormonas en el desempeño de los procesos cognitivos, en el caso del SOP pareciera comprometer su

funcionamiento ante distintas tareas neuropsicológicas. Las técnicas de registro neurofisiológico han permitido aproximarse al estudio de la organización a nivel funcional simultáneo a la resolución de tareas cognitivas, permitiendo conocer las diferentes redes neuronales subyacentes a la cognición. En el siguiente capítulo hablaremos del electroencefalograma, una de las técnicas que se ha utilizado para estudiar el SNC.

4. Actividad eléctrica cerebral y hormonas

Actualmente las investigaciones en el campo de las neurociencias son innovadoras en cuanto al método utilizado para estudiar el SNC, estos métodos o técnicas se sustentan bajo los siguientes tres factores principales para conocer las capacidades y limitaciones (Brailowsky, 1999).

1. Resolución temporal: capacidad para detectar los cambios dinámicos a lo largo del tiempo, los cuales pueden ser en milisegundos, segundos, minutos, horas, etc.
2. Resolución espacial: se refiere a la sensibilidad que tiene la técnica para detectar los cambios en dimensiones pequeñas, como milímetros, micras, centímetros, etc.
3. Grado de invasividad: este término hace referencia al grado de invasividad en los organismos, es decir, que necesidad tiene la técnica de administrar algún fármaco, colocar sensores, producir lesiones y/o cortes.

El electroencefalograma (EEG) es una de las técnicas más utilizadas para evaluar el funcionamiento cerebral, se caracteriza por tener un bajo nivel de invasividad y una alta resolución temporal. Consiste en registrar la actividad eléctrica cerebral, la cual se obtiene por medio de electrodos colocados en el cuero cabelludo. Refleja la suma de los potenciales excitatorios e inhibitorios de diferentes grupos neuronales (Lindsley, 1952).

El cerebro es un órgano electroquímico, esto quiere decir que los cambios eléctricos en este órgano son responsables de la producción y visualización de diferentes tipos de ondas las cuales dependen de la actividad que se esté ejecutado (Berka, Levendowski, Lumicao, Yau, Davis, Zivkovic y Craven, 2007). Niedermeyer (2004) ha descrito que el cerebro puede presentar un espectro de frecuencias lentas (menores a 1 Hz) hasta frecuencias rápidas (30 Hz), actividad que dependerá del ciclo vigilia-sueño.

La actividad eléctrica cerebral se clasifica en diferentes bandas con base en su frecuencia, morfología, amplitud y ante las condiciones de aparición. El ritmo delta tiene el ritmo de frecuencia más lento que abarca de (.5 a 3.5 Hz), se caracterizan por tener una

mayor amplitud y se relaciona con la etapa de sueño profundo. El ritmo theta (4 a 7.5 Hz), actividad característica de la etapa de sueño de ondas lentas, así como también, tareas visoespaciales, creatividad e imaginación. El ritmo alfa (8 a 12.5 Hz), se presentan en condiciones de reposo con ojos cerrados. El ritmo beta (13 a 25 Hz), es actividad cerebral rápida que aparece ante una actividad neuronal intensa, relacionado con procesos cognitivos de alto gasto energético. Gamma (>30 Hz), ritmo más rápido del EEG humano (Klimesch, 1996; Marosi, 2008; Niedermeyer, 2004).

Investigaciones realizadas en modelos animales, han permitido comparar las diferencias en la actividad eléctrica cerebral entre sexos, así como, ante los efectos hormonales. Por ejemplo, en un estudio se les administró 2 mg de testosterona a ratas hembras gestantes, en los días 14 a 19 de gestación; posteriormente registraron la actividad eléctrica cerebral de las crías (tratadas prenatalmente). Los resultados de este estudio identificaron una mayor correlación interhemisférica en la actividad delta, theta y alfa en los machos en comparación con las hembras; por otro lado, encontraron un efecto masculinizante en la actividad cortical de las hembras (Juárez, Corsi-Cabrera & del Río-Portilla, 1995).

Se ha descrito que con el ciclo menstrual la actividad cerebral se modifica; Solís, Ramos, Arce, Guevara y Corsi-Cabrera (1994) realizaron un estudio en el cual registraron por las tardes el EEG a 9 mujeres entre 20 y 34 años de edad con un ciclo menstrual regular, cada dos días durante 1 ciclo. Encontraron una menor potencia absoluta de la actividad delta, theta, alfa2 y beta1 durante el periodo ovulatorio, los ritmos lentos delta, theta y alfa1 mostraron un pico en la potencia durante la fase premenstrual, mientras que durante la menstruación el poder absoluto fue mayor en los ritmos alfa2, beta1 y beta2; también observaron que durante la ovulación había una mayor correlación interhemisférica en las áreas frontales, mientras que en la fase premenstrual la correlación fue mayor en áreas occipitales.

En un experimento registraron la actividad EEG a un grupo de mujeres con un ciclo menstrual regular simultáneo a la resolución de la prueba de clasificación de tarjetas de

Wisconsin, la cual evalúa el funcionamiento de áreas prefrontales. Este registro se realizó en 4 diferentes fases del ciclo: fase ovulatoria (días 13 y 14), fase lútea temprana (días 20 y 21), lútea tardía (días 24 y 25) y fase menstrual; observaron que durante la fase lútea temprana el rendimiento fue mayor, mientras que durante la fase ovulatoria el rendimiento se vio afectado, asociado con una atenuación de la potencia alfa1 y un aumento de la potencia theta y beta2, durante la fase menstrual el rendimiento mejoró y se asoció con una disminución en la potencia de alfa1 y alfa2 (Solís-Ortiz, Guevara & Corsi-Cabrera, 2004).

Los estudios anteriores aportan evidencia acerca de las diferencias electrofisiológicas que existen a lo largo del ciclo menstrual, cambios cognitivos y emocionales que se asocian con cambios en el sustrato neurofisiológico. Describiendo la relación entre las hormonas y el SNC, sin embargo, los estudios en población mexicana diagnosticada con SOP son escasos y con EEG son nulos.

5. Planteamiento del problema

Justificación

Las hormonas juegan un papel fundamental mediante su efecto organizador o activador en el desarrollo biológico, teniendo un impacto en el comportamiento y la cognición. Se han realizado diferentes aproximaciones de investigación, las cuales han estudiado los cambios en el rendimiento neuropsicológico en población diagnosticada con alguna alteración hormonal.

Existe evidencia que describe la presencia de cambios cognitivos y electroencefalográficos asociados a las variaciones en los niveles hormonales. Es por ello la importancia de esta investigación, al aportar información acerca del desempeño de la memoria de trabajo visoespacial y el sustrato neurofisiológico en mujeres con SOP.

Algunos estudios han reportado las diferencias electroencefalográficas que experimentan las mujeres a lo largo del ciclo hormonal regular, sin embargo, los estudios no han sido concluyentes y en mujeres SOP no se han realizado investigaciones con EEG para conocer el funcionamiento cerebral simultáneo a la resolución de tareas cognitivas. Desde el estudio neuropsicológico, las investigaciones han encontrado que las características hormonales del SOP se relacionan con una disminución en la ejecución de tareas cognitivas, tales como, la memoria de trabajo visoespacial.

No se han realizado estudios comparativos entre mujeres diagnosticadas con SOP y mujeres con un ciclo menstrual regular, en donde se explore la relación entre el desempeño de la memoria de trabajo visoespacial simultáneo al registro electrofisiológico, que permita tener una aproximación para identificar las diferencias en el funcionamiento cerebral ante una alteración hormonal.

En el área de la psicología, es fundamental tener un acercamiento y exploración de las patologías de manera biopsicosocial. Este proyecto está orientado a describir los cambios a nivel electrofisiológico, así como, conocer cuál es la interacción del sistema

endócrino y el desempeño cognitivo. Sin embargo, es importante mencionar que los cambios en la cognición y en el estado de ánimo que se presentan en el SOP, juegan un papel fundamental en el desempeño de las actividades de la vida diaria.

Por tanto, el presente estudio tiene como objetivo comparar el desempeño cognitivo y electrofisiológico entre un grupo SOP y un grupo control. Contribuyendo a la comprensión de la endocrinopatía y al funcionamiento eléctrico cerebral.

Preguntas de investigación

1. ¿Existen diferencias en el desempeño cognitivo entre mujeres con el síndrome de ovario poliquístico y un grupo control ante una tarea de memoria de trabajo visoespacial?
2. ¿Existen diferencias en el tiempo de reacción ante la resolución de la tarea de memoria visoespacial en mujeres con el síndrome del ovario poliquístico y un grupo control?
3. ¿Cuáles son las diferencias electrofisiológicas entre mujeres con un ciclo regular y mujeres con un diagnóstico SOP?

Objetivos

Objetivo general

Comparar la actividad eléctrica cerebral y el rendimiento cognitivo ante una tarea de memoria de trabajo visoespacial entre mujeres diagnosticadas con el síndrome del ovario poliquístico y un grupo control.

Objetivos específicos

1. Comparar y describir el desempeño cognitivo de mujeres con SOP y un grupo control ante una tarea de memoria de trabajo visoespacial.
2. Comparar el tiempo de reacción de mujeres SOP y un grupo control ante una tarea de memoria de trabajo visoespacial.

3. Comparar y describir la actividad electroencefalográfica (potencia absoluta y correlación inter e interhemisférica) en mujeres SOP y un grupo control durante la ejecución de la tarea de memoria visoespacial.

Hipótesis

H1: Las mujeres SOP tendrán un menor desempeño ante la tarea de memoria de trabajo visoespacial en comparación con el grupo control.

H2: Las mujeres SOP su respuesta será más lenta en comparación con el grupo control.

H3.1: La actividad eléctrica cerebral del grupo SOP tendrá una potencia absoluta menor que el grupo control.

H3.2: La correlación interhemisférica del grupo SOP será menor que el grupo control durante la tarea de memoria de trabajo visoespacial.

Variables

Variable organísmica:

- Síndrome del ovario poliquístico

Conceptual: Se define como una disfunción en el desarrollo cíclico de folículos ováricos, se caracteriza por tener niveles elevados de hormonas, en particular de andrógenos. En este síndrome, los óvulos maduros no se liberan y permanecen en los ovarios circundados por una pequeña cantidad de líquido (Builes, Díaz, Castañeda y Pérez, 2016; Zárate et al., 2014).

Operacional: El diagnóstico se basa principalmente en la historia clínica, actualmente basta con la presencia de dos de los siguientes tres criterios (Rotterdam ESHRE/ASRM-Sponsored PCOS Consensus Workshop Group, 2004): a) oligoovulación o anovulación, b) niveles elevados de andrógenos circulantes o manifestaciones clínicas de exceso de andrógenos ováricos y c) morfología de ovarios poliquísticos definida por ecografía.

Variable dependiente

- Memoria de trabajo visoespacial

Conceptual: Se define como el un proceso que proporciona el almacenamiento y manipulación de estímulos de forma temporal. Se representa 3 modalidades de la memoria de trabajo: ejecutivo central, bucle fonológico y visoespacial (Baddeley,1992).

Operacional: En esta investigación se utilizó la tarea de Cubos de Corsi en orden progresivo y regresivo, se ha descrito que en orden progresivo permite evaluar el componente visoespacial, mientras que en orden regresivo evalúa la memoria de trabajo (Crone,Wendelken, Donohue, van Leijenhorst & Bunge, 2006).

Variable independiente

Condición: Se refiere a la situación o circunstancia en la cual se encuentran las participantes; incluye el registro de la actividad electroencefalográfica durante la resolución de la tarea cubos de Coris en orden progresivo y regresivo.

6. Método

Tipo y diseño de la investigación

El presente proyecto de investigación consistió en un estudio descriptivo y diferencial con diseño transversal y se llevó a cabo en una muestra no probabilística intencional.

Participantes

Se contactó y solicitó el apoyo del centro de especialistas en salud de la mujer GESFEM, para la captación de pacientes con el diagnóstico de SOP, simultáneamente para captar participantes adicionales para el GSOP y GCT, se realizó una convocatoria con carteles en el campus de la UNAM. El diagnóstico de SOP fue realizado por un grupo de especialistas con base en los criterios diagnósticos propuestos por Rotterdam (2004).

Participaron 20 mujeres entre 21 a 38 años de edad (n=20) y con una escolaridad mínima de 12 años, divididas en 2 grupos (n=10): 10 mujeres para el GSOP y 10 mujeres para el GCT, ambos grupos cumplieron con los siguientes criterios de inclusión y exclusión (Tabla 2).

De las 20 participantes iniciales, se eliminaron 2 del GCT y 1 del GSOP por no cumplir con todos los criterios del estudio. Teniendo una muestra final de 17 participantes (n=17), GCT (n=8) y GSOP (n=9); se citó a las participantes entre los días 3 y 8 de su ciclo menstrual, se les acompañó a los Laboratorios Clínicos Azteca, sede CU, para tomar una muestra de sangre y realizar un análisis sanguíneo para las hormonas: hormona luteinizante (LH), folículo estimulante (FSH), prolactina (PRL), progesterona (Pg), estradiol (E2), testosterona (T) y testosterona libre (TL).

Tabla 2. Criterios de inclusión y exclusión de las participantes

Inclusión	Exclusión
<hr/> <p>Ambos grupos:</p> <ul style="list-style-type: none">→ Tener más de 21 años→ Escolaridad mínima de 12 años→ Firmar el consentimiento informado	<hr/> <p>Ambos grupos:</p> <ul style="list-style-type: none">→ Tener más de 38 años→ Estar en embarazo→ Consumir sustancias que alteren el SNC→ Padecer enfermedades neurológicas y/o psiquiátricas→ Utilizar anticonceptivos hormonales→ Tener antecedentes de lesión o traumatismo cerebral
<hr/> <p>GCT</p> <ul style="list-style-type: none">→ Tener un ciclo menstrual regular (entre 28 y 35 días)	<hr/> <p>GSOP</p> <ul style="list-style-type: none">→ Estar en tratamiento farmacológico para el SOP

Se utilizaron los valores de referencia de la fase folicular de las hormonas, para conocer las diferencias entre grupos: LH: 2.58-12.1 mUI/mL, FSH: 1.98-11.6 mUI/mL, Pg: 0.14-2.03 ng/mL, E2: 26.6-161 pg/mL, PRL: 3.0-18.6 ng/mL, T: 5.71-77 ng/dL y TL: <2.57 pg/mL. En promedio el GSOP presentó menores niveles de las siguientes hormonas en comparación con el GCT: FSH (GSOP \bar{X} = 9.3, GCT \bar{X} = 11.7), PRL (GSOP \bar{X} = 8.7, GCT \bar{X} = 12.3), E2 (GSOP \bar{X} = 10.2, GCT \bar{X} =10.7) y T (GSOP \bar{X} = 9.5, GCT \bar{X} = 11.5); por otra parte, se observó una tendencia del GSOP a presentar mayores niveles en la HL (GSOP \bar{X} = 11.3, GCT \bar{X} = 9.7), Pg (GSOP \bar{X} = 12.3, GCT \bar{X} = 8.6) y TL (GSOP \bar{X} = 11, GCT \bar{X} = 10) en comparación con el GCT (Figura 3), sin embargo, en la prueba U de Mann-Whitney no se encontraron diferencias estadísticamente significativas. Datos publicados (Herreño y del Río-Portilla, 2019).

Comparación del perfil hormonal

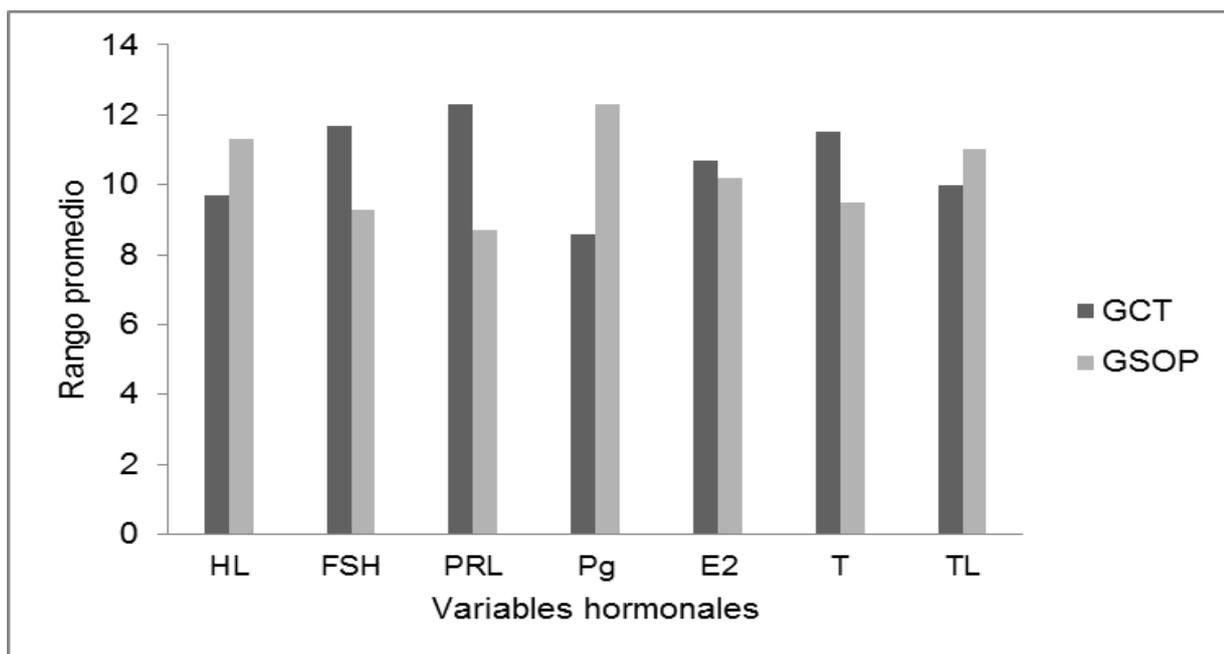


Figura 3. Perfil hormonal: Análisis con la prueba U de Mann-Whitney entre el grupo control (GCT) y el grupo SOP (GSOP) para las siguientes hormonas: luteinizante (HL), folículo estimulante (FSH), prolactina (PRL), progesterona (Pg), estradiol (E2), testosterona (T) y testosterona libre (TL). No se encontraron valores estadísticamente significativos HL ($p(u)=0.57$), FSH ($p(u)=0.39$), PRL ($p(u)=0.19$), Pg ($p(u)=0.16$), E2 ($p(u)=0.85$), T ($p(u)=0.48$) y TL ($p(u)=0.73$). Datos publicados (Herreño y del Río-Portilla, 2019).

Instrumentos

Se utilizó la tarea de Cubos de Corsi en orden progresivo y regresivo, esta tarea ha sido utilizada en numerosos estudios para evaluar el rendimiento de la memoria de trabajo visoespacial. Algunos estudios han reportado que aplicar la tarea en orden progresivo permite evaluar el componente visoespacial, mientras que el orden regresivo evalúa la memoria de trabajo (Crone, Wendelken, Donohue, van Leijenhorst & Bunge, 2006).

Tradicionalmente el diseño de la prueba consta de 9 cubos de madera colocados de manera irregular sobre una superficie plana, sin embargo, en este proyecto se diseñó y digitalizó la tarea utilizando el programa E-Prime®, para realizarla de manera computarizada. Para la programación de la tarea se diseñó con base en la prueba desarrollada por Ostrosky-Solís et al. (2003), en la batería Neuropsi atención y memoria, con una modificación en la programación, ya que se agregó un ensayo más para cada secuencia.

Tarea Cubos de Corsi Computarizada. En la pantalla aparecen 9 cubos de color azul claro, posteriormente se mostró una secuencia de cubos en la cual se marcó en un tono azul oscuro durante 1 segundo uno a uno cada cubo, para identificar el último cubo de la secuencia este se marcó con un asterisco blanco en el centro. El cubo con asterisco blanco indicó que finalizó la secuencia y la participante procedió a ejecutar la respuesta. Con ayuda del mouse, las participantes marcaron la misma secuencia de cubos de acuerdo con la condición en la que se trabajó: en orden progresivo indicaron la secuencia en el mismo orden en el que fue presentada y en regresión empezaron a marcar la secuencia desde el último cubo presentado.

En orden progresivo las secuencias fueron de 3 a 9 cubos, mientras que en el orden regresivo la secuencia fue de 2 a 9 cubos. Por tanto, la duración de cada secuencia varió entre 3 a 9 segundos en progresión y de 2 a 9 segundos en regresión (Figura 4). La calificación de la prueba es igual al número de cubos de la secuencia más larga que recordó

en su totalidad, tomando en cuenta el criterio de discontinuación, cuando la participante falló en los 3 ensayos de una misma secuencia.

Esquema de presentación y duración de los cubos

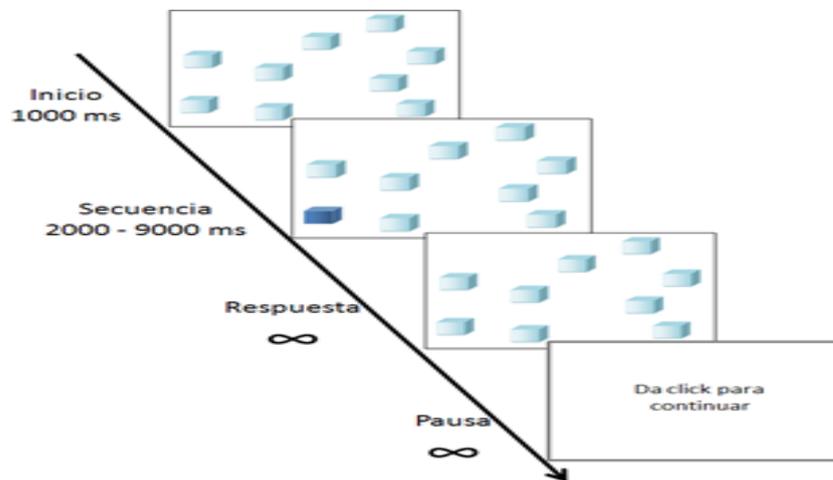


Figura 4. Esquema de un ensayo de la prueba Cubos de Corsi, cada cubo que pertenece a la secuencia se torna azul oscuro durante 1000 ms, posteriormente la pantalla se presenta en tiempo ilimitado para que la participante marque la respuesta, cuando termine tiene tiempo indefinido para prepararse para la próxima presentación de cubos.

Materiales

Para este estudio se utilizaron dos computadoras con procesador Pentium IV. La primera computadora contaba con el software E-Prime ® para la aplicación de la tarea de memoria de trabajo visoespacial. La segunda para registrar la señal del EEG se utilizó un electroencefalógrafo digital Medicid-Neuronic® de 32 canales, con un convertidor A/D de 16 bits.

Procedimiento

- Una vez confirmado el diagnóstico del GSOP y reclutado el GCT, se les contactó para realizarles una entrevista clínica y aquellas que cumplieran con los criterios de selección mencionados anteriormente se les dio a firmar el consentimiento informado.
- Se les citó durante la fase folicular del ciclo menstrual (días 3 al 8 del ciclo) y se les acompañó a Laboratorios Azteca para la realización del análisis hormonal (descrito en el apartado de participantes). Seguidamente se acudió al Laboratorio de Sueño de la Facultad de Psicología, para proceder a la colocación de electrodos y aplicación de la prueba de cubos de Corsi simultáneo el registro de la actividad eléctrica cerebral. El inicio de la tarea simultáneo al registro del EEG comenzó con las instrucciones orales, descritas previamente (apartado tarea cubos de Corsi computarizada).

Registro electroencefalográfico

El registro del EEG se realizó con un filtro de 0.1 a 70 Hz y una frecuencia muestreo de 512 Hz. La colocación de electrodos de copa de oro se realizó de acuerdo al sistema internacional 10-20. Registrando los siguientes canales: Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, C3, C4, T3, T4, T5, T6, P3, P4, O1, O2, Fz, Cz, y Pz referidos a A1 y A2 (lóbulos de la oreja) ipsilateralmente (Figura 5).

Sistema internacional 10-20 de colocación de electrodos.

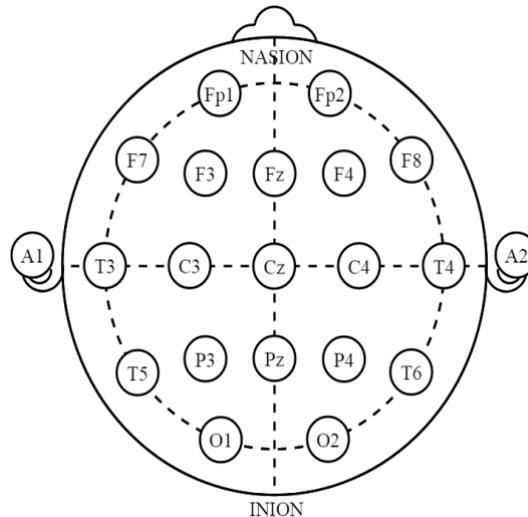


Figura 5. Esquema que representa la distribución neuroanatómica de la colocación de electrodos mediante el sistema internacional 10-20 (Tomado y modificado Harner & Sannit, 1974).

Análisis de datos

Análisis de la señal. Fuera de línea se analizaron y seleccionaron las señales obtenidas del EEG. Se marcaron los segmentos de señal en los cuales las participantes respondieron correctamente, separando los aciertos para el orden progresivo y regresivo. Los ensayos incluidos fueron todos los correctos y libres de artefactos, y se analizaron con los programas CHECSEN y RECORSN (Guevara et al., 2010).

Para el análisis espectral se utilizó la transformada de Fourier por medio del programa POTENCOR (Guevara et al., 2003), y se obtuvieron los valores de correlación que determinó el acoplamiento (inter e intrahemisférico) de todos los posibles pares de electrodos, y la potencia absoluta (PA) de cada electrodo para los segmentos correspondientes a cada condición en las siguientes bandas: Delta (1-3 Hz), Theta 1 (4-5 Hz), Theta 2 (6-7 Hz), Alfa 1 (8-10 Hz), Alfa 2 (11-13 Hz), Beta 1 (14-19 Hz) Beta 2 (20-25 Hz) y Gamma (31-50 Hz). El análisis de Fourier se utilizó para separar la media de los componentes de frecuencia y posteriormente determina el espectro de correlación cruzada en el dominio del tiempo calculando el coeficiente producto-momento de Pearson utilizando

los valores de voltaje de cada canal, después de haber filtrado las señales para las bandas de frecuencia de interés (Guevara et al., 2003). Debido a que ambas medidas espectrales del EEG deben normalizarse antes del análisis estadístico, los valores de la potencia absoluta (PA) fueron transformados a logaritmos (Gasser, Bächer & Möcks, 1982) y los valores de correlación (inter e intrahemisférica) fueron transformados a puntajes Z de Fisher (John et al., 1980) para aproximarlos a una distribución normal.

Análisis estadístico

1. La descripción de los datos demográficos se realizó utilizando medidas de tendencia central y dispersión.
2. Para conocer las diferencias en los niveles hormonales se utilizaron los rangos promedio para la fase folicular de las hormonas: luteinizante, foliculo estimulante, progesterona, prolactina, estradiol, testosterona y testosterona libre. Se utilizó la prueba U de Mann-Whitney para conocer si existen diferencias significativas entre GSOP y GCT.
3. Se utilizó la prueba U de Mann-Whitney para conocer las diferencias entre GSOP y GCT en las dos condiciones de la tarea (progresión y regresión) en el número total de aciertos, así como, para el tiempo de reacción. Adicionalmente, se realizó un análisis descriptivo para conocer el porcentaje de participantes que respondieron correctamente en cada ensayo y el tiempo que tardaron en responder cada serie.

Análisis de EEG

Los valores de las derivaciones de la PA como los valores de correlación (inter e intrahemisférica) fueron promediados por sujeto, para cada condición. Para mayor claridad en la descripción de los resultados obtenidos solamente se reportan los que presentaron diferencias significativas ($p < .05$). Para estudiar las características de la actividad electroencefalográfica de los grupos (GSOP y GCT), se utilizó la prueba U de Mann-Whitney para la PA y correlación.

7. Resultados

Descripción de la muestra

La muestra quedó conformada por un grupo de participantes diagnosticadas con síndrome del ovario poliquístico (GSOP) (n=9) y un grupo de mujeres control (GCT) (n=8). Con un rango de edad entre los 21 a 38 años y escolaridad mínima de 12 años. La tabla 3 resume los datos demográficos de las participantes, como se puede observar ambos grupos obtuvieron un promedio similar indicando no diferencias significativas en edad y años de escolaridad.

Tabla 3. Características de la muestra

	Grupo control (GCT)		Grupo SOP (GSOP)		p (u)
	n=8		n=9		
	\bar{X}	DE	\bar{X}	DE	
Edad	25.1	2.4	26.1	5.6	0.6
Escolaridad (años)	15.8	2	15.2	2	0.2

La tabla muestra el promedio (\bar{X}) y la desviación estándar (DE) de la edad y escolaridad en años de las participantes del grupo control (GCT) y grupo SOP (GSOP); no se observan diferencias estadísticamente significativas p (u).

Resultados conductuales

Los resultados que se explican a continuación están tomados según el manual de calificación de la prueba cubos de Corsi. Para comparar el desempeño cognitivo que tuvieron las participantes durante la prueba, se realizó la prueba U de Mann-Whitney; en orden progresivo se identificó un promedio menor en el número de aciertos del GSOP ($\bar{X}=6.11$, $DE=0.78$) en comparación con el GCT ($\bar{X}=6.75$, $DE=0.88$), para el orden regresivo se identificó la misma tendencia a un menor promedio de aciertos del GSOP ($\bar{X}=5.22$, $DE=1.48$) en comparación con el GCT ($\bar{X}=6.12$, $DE=1.24$), sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas progresión ($p(u)=0.1972$) y regresión ($p(u)=0.233$) (Figura 6).

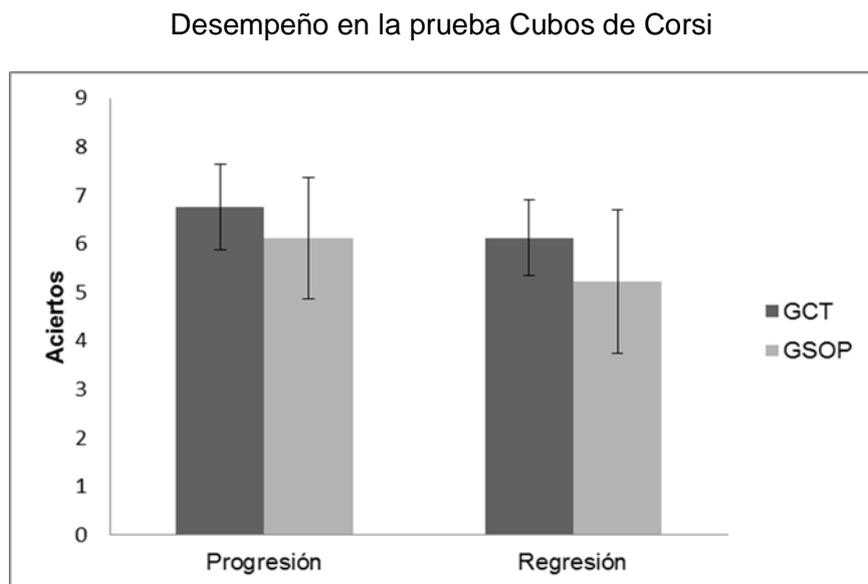


Figura 6. Comparación del número de aciertos durante la tarea de Cubos de Corsi. Se identificó un promedio menor en el número de aciertos en el grupo de SOP (GSOP) durante progresión y regresión en comparación con el grupo control (GCT). No se encontraron valores estadísticamente significativos en la prueba Mann-Whitney progresión ($p(u)=0.1972$) y regresión ($p(u)=0.233$).

En la figura 7 se observa el tiempo de reacción que obtuvieron las participantes durante la ejecución total de la prueba, en orden progresivo el GSOP obtuvo un promedio menor ($\bar{X}= 7.1$, $DE= 1.9$) en comparación con el GCT ($\bar{X}= 7.4$, $DE= 1.62$), mientras que en orden regresivo el GSOP tardó más tiempo en responder ($\bar{X}= 6.2$, $DE= 2.36$) en comparación con el GCT ($\bar{X}= 6$, $DE= 1.5$), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la prueba U de Mann-Whitney progresión ($p(u)= 0.736$) y regresión ($p(u)= 0.596$).

Tiempo de reacción de la prueba Cubos de Corsi

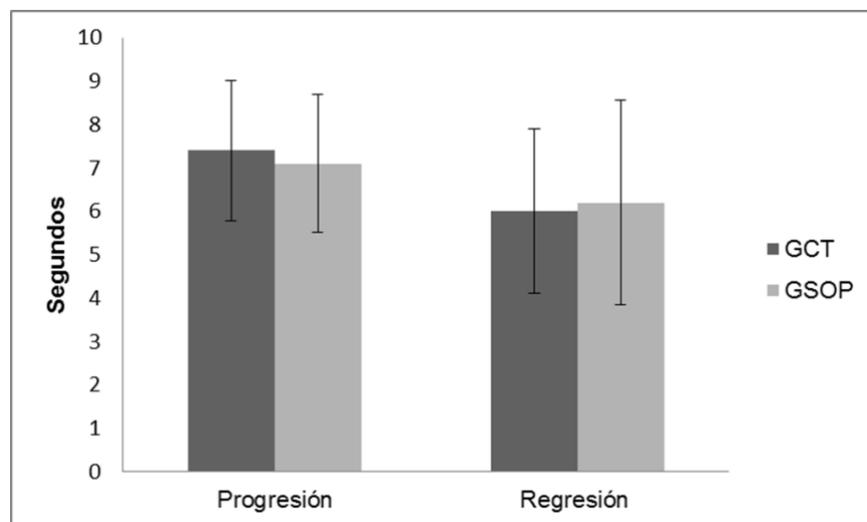


Figura 7. Comparación del tiempo de reacción durante la ejecución de la tarea de Cubos de Corsi. Se observó un menor tiempo de reacción en el grupo SOP (GSOP) en orden progresivo en comparación con el grupo control (GCT), mientras que en orden regresivo el GSOP obtuvo un mayor tiempo de reacción en comparación con el GCT. No se encontraron valores estadísticamente significativos en la prueba Mann-Whitney progresión ($p(u)= 0.736$) y regresión ($p(u)= 0.596$).

Para conocer a detalle la ejecución promedio e identificar los cambios en el desempeño cognitivo a lo largo de la tarea, se realizó una gráfica lineal en la cual se observa el porcentaje de las participantes que respondieron correctamente en cada una de las series de cubos.

En orden progresivo se identificó un desempeño similar al inicio de la tarea entre el GSOP y el GCT, sin embargo, con 6 y 7 cubos el GSOP obtuvo un menor porcentaje de participantes respondiendo correctamente en comparación con el GCT (para 6 cubos GSOP= 37% y GCT= 45%; para 7 cubos GSOP= 18% y GCT= 29%). Con 8 cubos el GSOP ya no logro responder correctamente en comparación con el GCT que obtuvo un 12% (Figura 8).

Ejecución promedio de participantes en la tarea cubos de Corsi en progresión

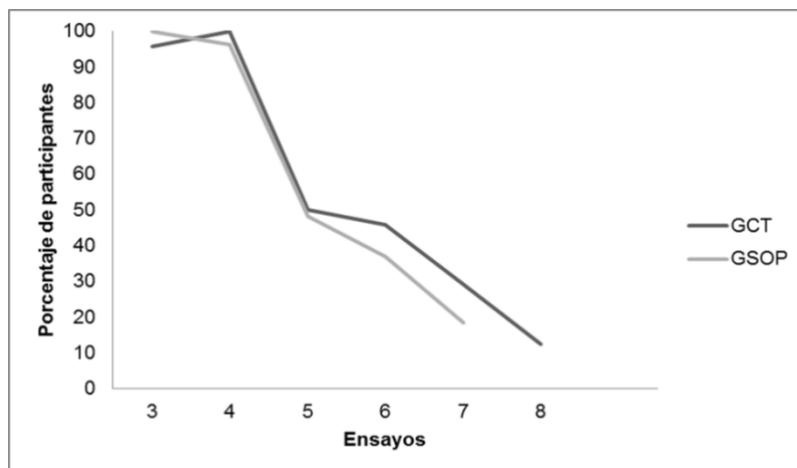


Figura 8. Comparación del porcentaje de participantes que acertaron en cada uno de los ensayos en orden progresivo; en el eje X está representado el número de cubos que tenía cada ensayo, y en el eje Y el porcentaje de participantes que respondieron correctamente. Al inicio se observó un desempeño, conforme aumenta la dificultad de la prueba el grupo de SOP (GSOP) comienza a tener un menor porcentaje de participantes respondiendo correctamente en comparación con el grupo control (GCT).

La figura 9 representa la ejecución promedio en orden regresivo, desde el inicio de la prueba se observó un menor porcentaje de asertividad en el GSOP en comparación con el GCT (con 2 cubos GSOP= 92% y GCT= 100%; con 3 cubos GSOP= 85% y GCT= 95%). Con 4 cubos se identificó un desempeño similar en ambos grupos, conforme aumento el número de cubos esta tendencia cambio nuevamente, siendo el GSOP quien obtuvo un porcentaje menor. Aunque los dos grupos lograron responder correctamente con 7 cubos, el GSOP obtuvo un porcentaje menor (14%) en comparación con el GCT (25%).

Ejecución promedio de participantes en la tarea cubos de Corsi en regresión

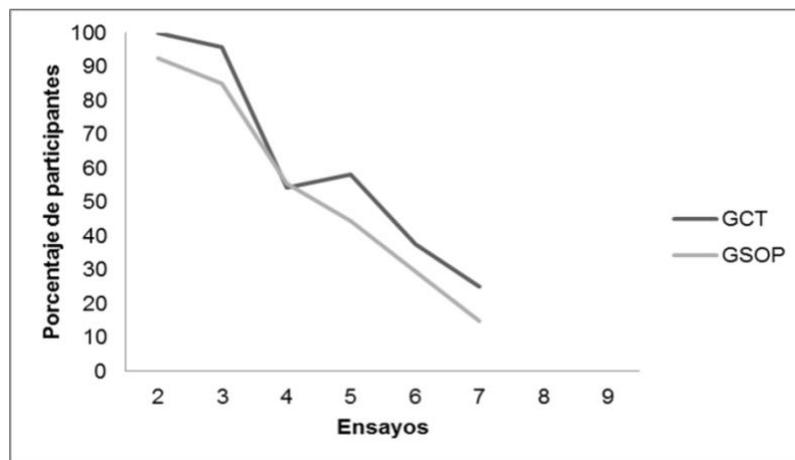


Figura 9. Comparación del porcentaje de participantes que acertaron en cada uno de los ensayos en orden regresivo; en el eje X está representado el número de cubos que tenía cada ensayo, y en el eje Y el porcentaje de participantes que respondieron correctamente. Se observó un menor porcentaje de participantes del grupo SOP (GSOP) respondiendo correctamente con 2, 5, 6 y 7 cubos en comparación con el grupo control (GCT).

Para conocer a detalle el tiempo promedio que obtuvieron las participantes en cada serie de cubos, se realizó una gráfica lineal para progresión y una para regresión, en la cual se observa el tiempo en segundos que tardaron en ejecutar la respuesta correcta en cada serie de cubos.

En orden progresivo se identificó un tiempo promedio mayor en el GSOP en comparación con el GCT (con 3 cubos GSOP= 5.4 s y GCT= 5.1 s; con 4 cubos GSOP= 6.3 s y GCT= 5.8 s). Con 5 y 6 cubos se observó un tiempo promedio similar en los dos grupos; esta tendencia cambio con 7 cubos el GSOP obtuvo un menor tiempo promedio en comparación con el GCT (GSOP= 10.1 s y GCT= 11.1 s). Como se mencionó, únicamente las participantes del GCT lograron ejecutar correctamente con 8 cubos en 10.7 segundos (Figura 10).

Tiempo promedio de participantes en la tarea cubos de Corsi en progresión

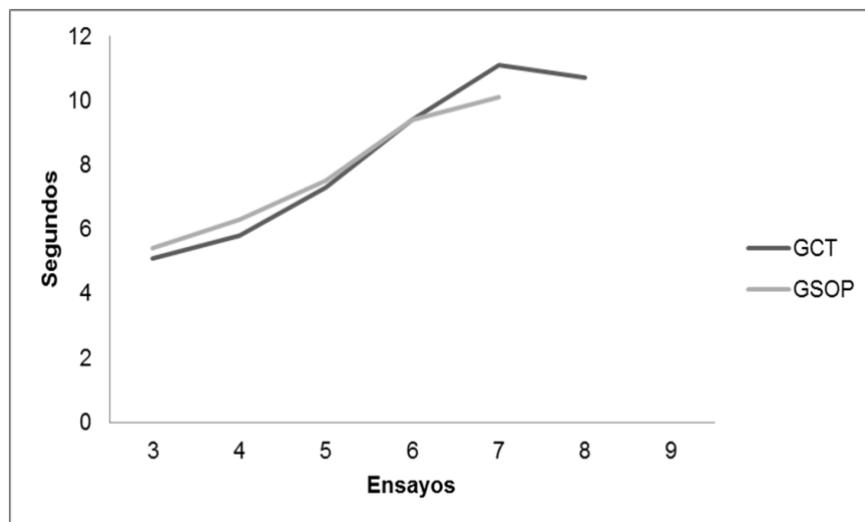


Figura 10. Comparación del tiempo que tardaron en responder en cada uno de los ensayos en orden progresivo. Se observó un mayor tiempo de respuesta en el grupo SOP (GSOP) con 3 a 5 cubos en comparación con el grupo control (GCT), conforme aumenta el número de cubos el GCT tarda más en responder en comparación con el GSOP.

La figura 11 representa el tiempo promedio durante regresión, con 2 cubos presentó un tiempo mayor el GSOP (5.3 s) en comparación con el GCT (3.5 s), con 3 a 5 cubos se observó un tiempo promedio similar entre los grupos; sin embargo, con 6 y 7 cubos el GSOP nuevamente presentó un mayor tiempo en comparación con el GCT (con 6 cubos GSOP= 9.7 s y GCT= 8.4 s; con 7 cubos GSOP= 13.3 s y GCT= 9.6 s).

Tiempo promedio de participantes en la tarea cubos de Corsi en regresión

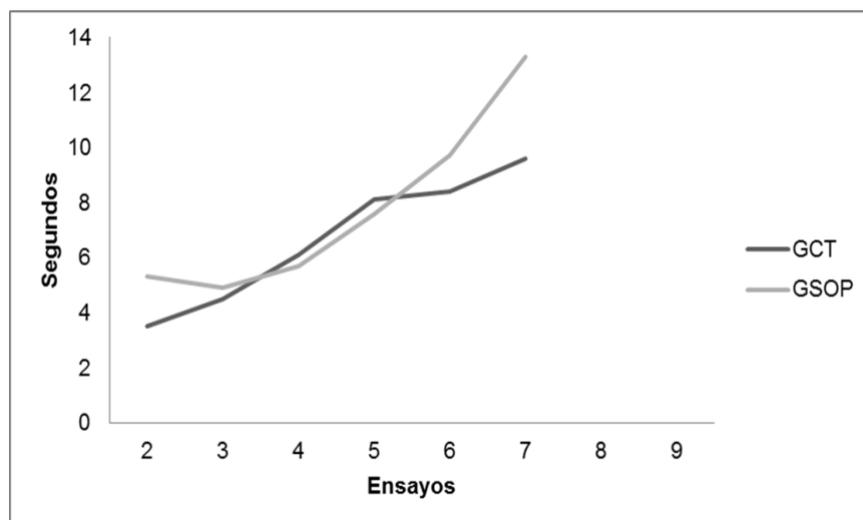


Figura 11. Comparación del tiempo que tardaron en responder en cada uno de los ensayos en orden regresivo. Se observó un mayor tiempo de respuesta del GSOP con 2, 3, 6 y 7 cubos en comparación con el GCT.

Resultados de la actividad eléctrica cerebral

Se realizaron los análisis de potencia absoluta, acoplamiento temporal interhemisférico e intrahemisférico, durante la ejecución de la tarea Cubos de Corsi en orden progresivo y regresivo. A continuación, se presentan los resultados significativos de estos análisis.

Potencia Absoluta

Para analizar los cambios de la potencia absoluta (PA), se realizó la prueba U de Mann-Whitney donde se comparó al GCT y GSOP en las dos condiciones progresión y regresión. Este análisis se realizó para cada una de las bandas del EEG: delta (1.5-3.5 Hz), theta1 (4-5.5 Hz), theta2 (6-7.5 Hz), alfa1 (8-10 Hz), alfa2 (10.5-13 Hz), beta1 (13.5-19 Hz), beta2 (19.5-25.5 Hz), gamma (31-50 Hz) y la banda total en todas las derivaciones registradas.

Progresión

En la figura 12 se presentan los resultados estadísticamente significativos de la PA para las bandas rápidas en orden progresivo; la figura 12 A representa la topografía cerebral de las derivaciones F1, F2, C3 y O1. Como se muestra en la figura 12 B el GSOP obtuvo una menor potencia absoluta en comparación con el GCT en la banda gamma para F1 ($p(f) = .05$) y F2 ($p(f) = .006$); y en beta 2 para la derivación F2 ($p(f) = .01$). En la figura 12C se observó una mayor PA en el GSOP en comparación con el GCT en áreas centrales y posteriores, para la banda beta 1 en O1 ($p(f) = .01$) y para beta 2 en O1 ($p(f) = .02$) y C3 ($p(f) = .04$). Para el orden regresivo de la prueba, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la PA.

Potencia Absoluta para las bandas rápidas durante la ejecución de la tarea
Cubos de Corsi en orden progresivo

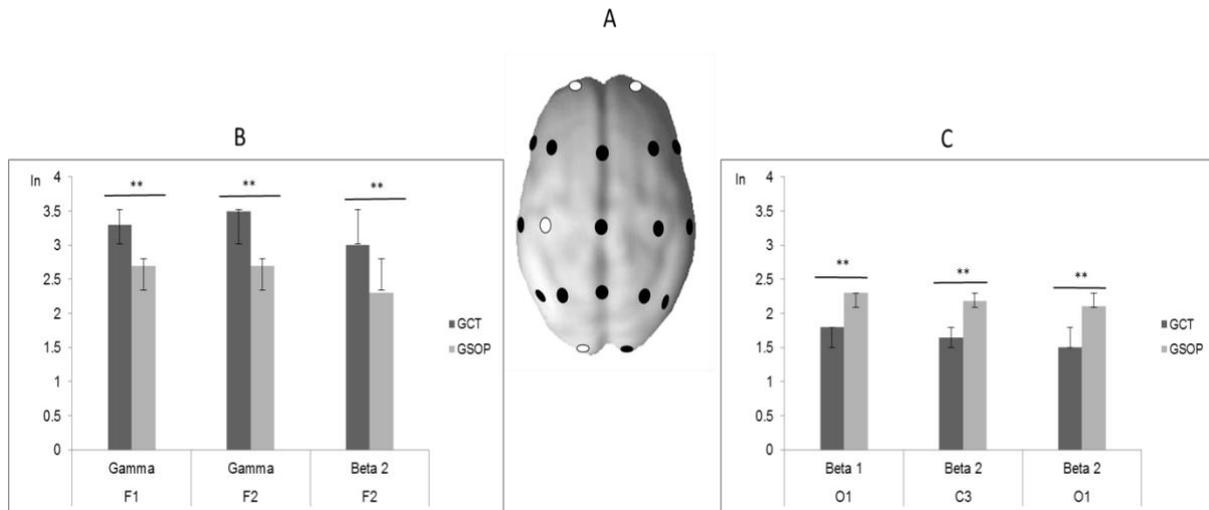


Figura 12. Potencia Absoluta: Análisis con la prueba U de Mann-Whitney entre el grupo control (GCT) y el grupo SOP (GSOP) para las bandas rápidas. A) Topografía cerebral para las derivaciones F1, F2, C3 y O1 (color blanco). B) Gráfica significativa para la banda Gamma en la derivación F1 p (f)= .05 y F2 p (f)= .006; para Beta 2 en F2 p (f)= .01. C) Gráfica significativa para la banda Beta 1 en la derivación O1 p (f)= .01; y para Beta 2 en C3 p (f)= .04 y O1 p (f)= .02 (cerebro modificado de Okamoto et al., 2009). ** muestran las diferencias significativas.

Acoplamiento temporal interhemisférico

Se utilizó la prueba U de Mann-Whitney para conocer el acoplamiento interhemisférico tanto para el orden progresivo, así como, regresivo para las derivaciones F1-F2, F3-F4, F7-F8, C3-C4, T3-T4, P3-P4, T5-T6 y O1-O2, en las bandas delta (1.5-3.5 Hz), theta1 (4-5.5 Hz), theta2 (6-7.5 Hz), alfa1 (8-10 Hz), alfa2 (10.5-13 Hz), beta1 (13.5-19 Hz), beta2 (19.5-25.5 Hz), gamma (31-50 Hz) y la banda total.

Progresión

Durante la ejecución de la tarea en orden progresivo se observó que el GSOP presentó un mayor acoplamiento temporal interhemisférico en la región F1-F2 (Figura 13 A) en comparación con el GCT. En la figura 13 B se observa el acoplamiento para las bandas rápidas: beta 1 ($p(f) = .01$), beta 2 ($p(f) = .003$) y gamma ($p(f) = .005$), en la figura 13 C para la banda delta ($p(f) = .05$) y en la figura 13 D para la banda total ($p(f) = .01$).

Acoplamiento temporal interhemisférico para las bandas significativas durante la ejecución de la tarea Cubos de Corsi en orden progresivo

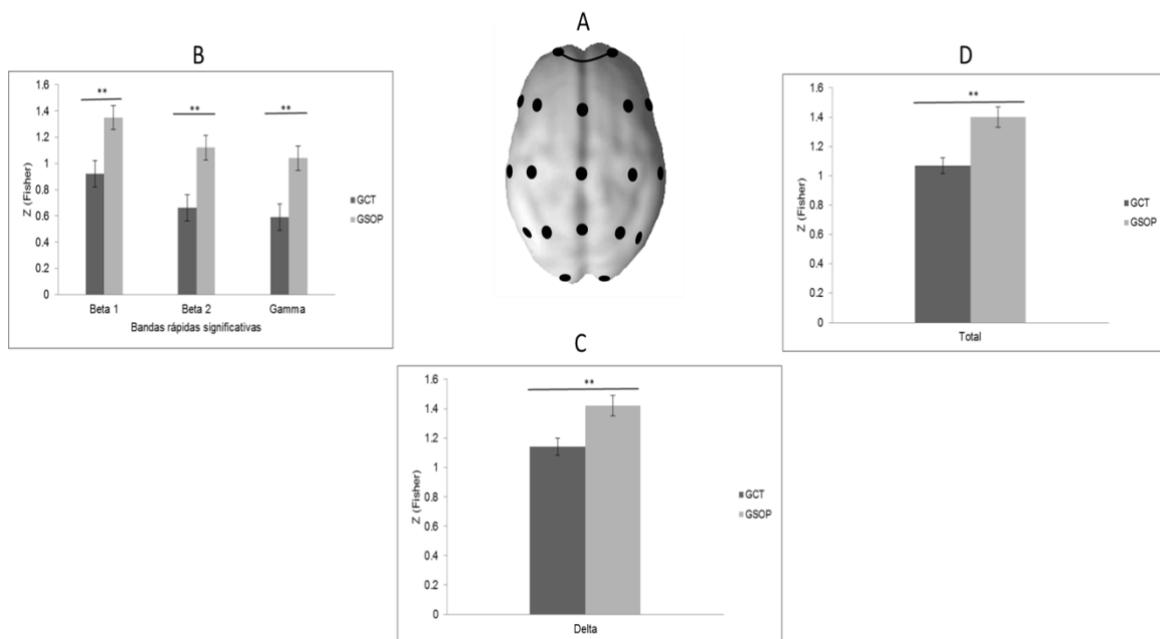


Figura 13. Correlación Interhemisférica. Análisis con la prueba U de Mann-Whitney entre el grupo control (GCT) y el grupo SOP (GSOP) para la correlación de F1-F2. A) La línea de color negro indican la topografía de las derivaciones F1-F2. B) Gráfica significativa para las bandas rápidas, Beta 1 $p(f) = .01$, Beta 2 $p(f) = .003$, Gamma $p(f) = .005$. C) Gráfica significativa para la banda Delta $p(f) = .05$. D) Banda total $p(f) = .01$.

Regresión

Durante la ejecución de la tarea en orden regresivo (Figura 14), se identificó un menor acoplamiento interhemisférico en el GSOP para la banda total (Figura 14 B), en la región T5-T6 ($p(f) = .05$); y en la banda gamma (Figura 14 C) región P3-P4 ($p(f) = .04$).

Acoplamiento temporal interhemisférico para las bandas significativas durante la ejecución de la tarea Cubos de Corsi en orden regresivo

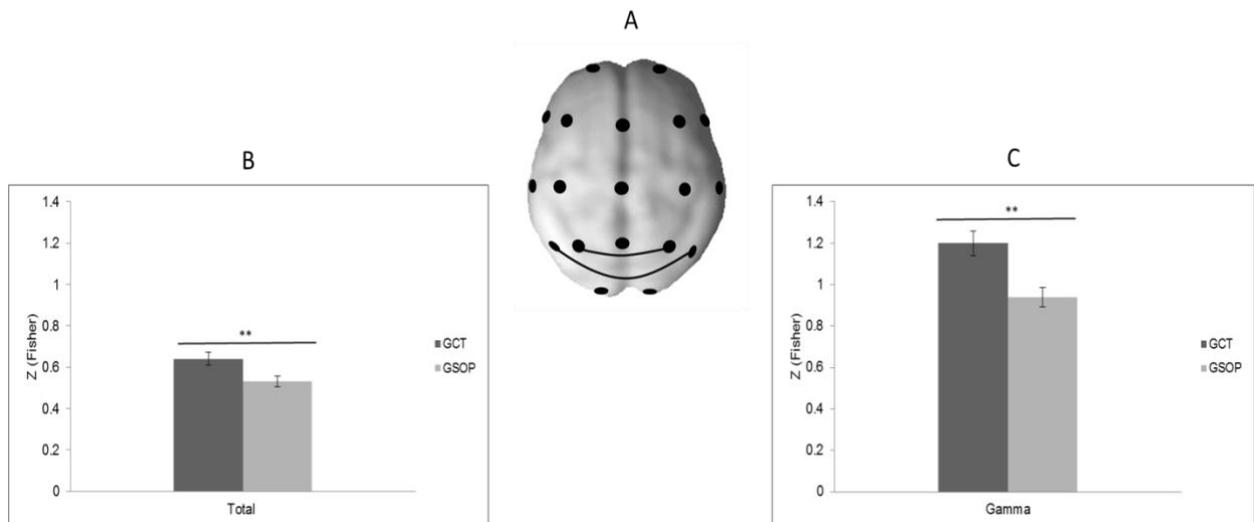


Figura 14. Correlación interhemisférica. Análisis con la prueba U de Mann-Whitney entre el grupo control (GCT) y el grupo SOP (GSOP). A) La línea de color negro indican la topografía de las derivaciones P3-P4 y T5-T6; B) Gráfica significativa para la banda total $p(f) = .05$. C) Gráfica significativa para la banda Gamma $p(f) = .04$.

Acoplamiento temporal intrahemisférico

Para conocer el acoplamiento intrahemisférico se utilizó la prueba U de Mann-Whitney para todas las bandas, en todas las derivaciones del hemisferio izquierdo y hemisferio derecho, así como, para las dos condiciones de la tarea (progresión y regresión).

Progresión

La figura 15 presenta las correlaciones significativas de las bandas rápidas para el hemisferio izquierdo en la condición de progresión. La figura 15 A ilustra las siguientes regiones cerebrales: F1-FZ, F1-CZ, F1-F7 y F7-CZ; como se observa en la figura 15 B el GSOP presentó un mayor acoplamiento para la banda beta 1 en comparación con el GCT en las siguientes regiones F1-F7 ($p(f) = .05$), F1-FZ ($p(f) = .01$), F1-CZ ($p(f) = .05$) y F7-FZ ($p(f) = .02$). Para la banda beta 2 el GSOP presentó un mayor acoplamiento para las regiones F1-FZ ($p(f) = .007$) y F1-CZ ($p(f) = .03$) (Figura 15 C); finalmente para la banda gamma se observó la misma tendencia a un mayor acoplamiento del GSOP en la región F1-FZ ($p(f) = .01$) (Figura 15 D).

Acoplamiento temporal intrahemisférico izquierdo para las bandas rápidas durante la ejecución de la tarea Cubos de Corsi en orden progresivo

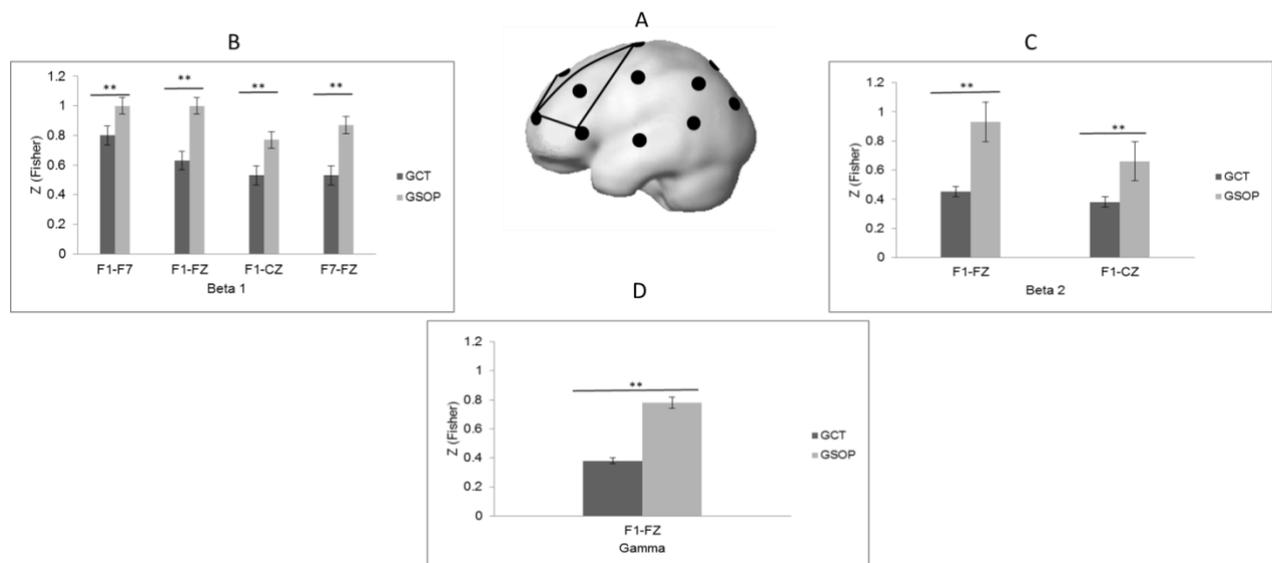


Figura 15. Correlación intrahemisférica. Análisis con la prueba U de Mann-Whitney entre el grupo control (GCT) y el grupo SOP (GSOP) para las bandas rápidas. A) Topografía cerebral para las derivaciones del hemisferio izquierdo, F1-FZ, F1-CZ, F1-F7 y F7-CZ. B) Gráfica significativa para la banda Beta 1 en las siguientes derivaciones: F1- F7 $p(f) = .05$, F1-FZ $p(f) = .01$, F1-CZ $p(f) = .05$ y F7-FZ $p(f) = .02$. C) Gráfica para la banda Beta 2 en las siguientes derivaciones: F1-FZ $p(f) = .007$ y F1-CZ $p(f) = .03$. D) Gráfica para la banda Gamma en F1-FZ $p(f) = .01$.

En la figura 16 se observan las correlaciones significativas para las bandas lentas del hemisferio izquierdo en la condición de progresión. Se identificó un mayor acoplamiento para la banda alfa 2 en el GSOP en las siguientes regiones: F1-PZ ($p(f) = .04$), F7-C3 ($p(f) = .05$), FZ-PZ ($p(f) = .05$) y FZ-P3 ($p(f) = .05$) (Figura 16 A y B). Sin embargo, para la banda theta 2 (Figura 17), se observó un menor acoplamiento en el GSOP en regiones temporales del hemisferio izquierdo (T3-T5) en comparación con el GCT ($p(f) = .03$).

Acoplamiento temporal intrahemisférico izquierdo para las bandas lentas durante la ejecución de la tarea Cubos de Corsi en orden progresivo

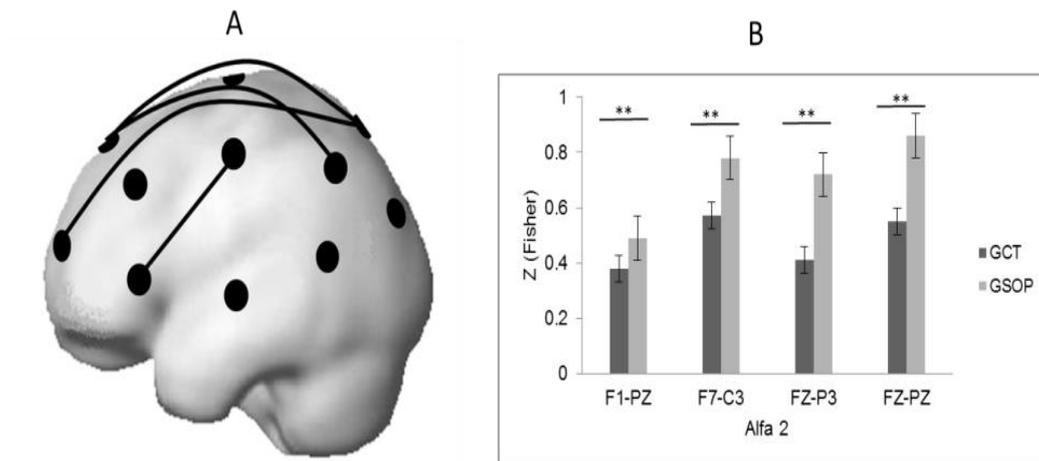


Figura 16. Correlación intrahemisférica. Análisis con la prueba U de Mann-Whitney entre el grupo control (GCT) y el grupo SOP (GSOP) para las bandas lentas. A) Topografía cerebral para las derivaciones del hemisferio izquierdo F1-PZ, F7-C3, FZ-PZ y FZ-P3. B) Gráfica significativa para la banda Alfa 2 en las siguientes derivaciones: F1-PZ $p(f) = .04$, F7-C3 $p(f) = .05$, FZ-P3 $p(f) = .05$ y FZ-PZ $p(f) = .05$.

Acoplamiento temporal intrahemisférico izquierdo para las bandas lentas durante la ejecución de la tarea Cubos de Corsi en orden progresivo

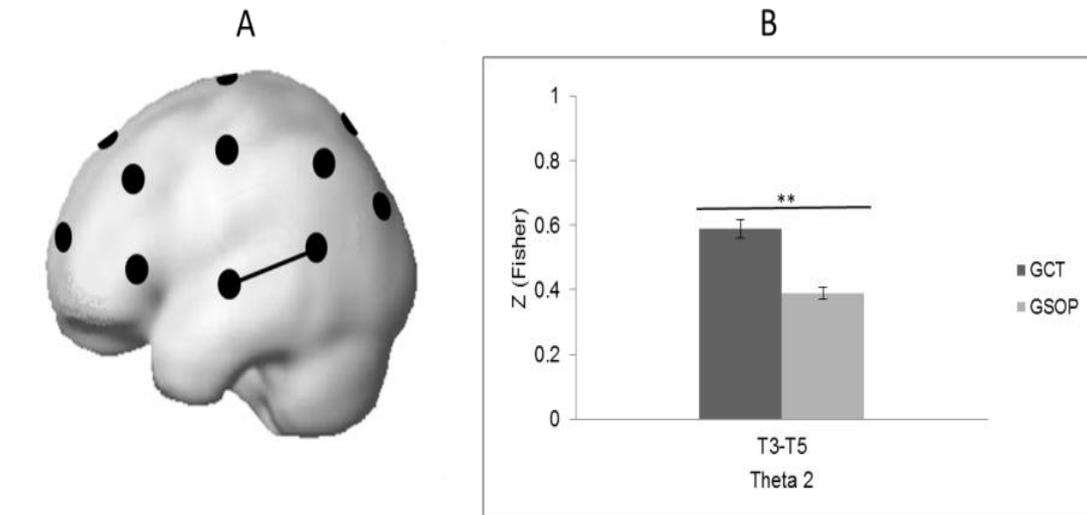


Figura 17. Correlación intrahemisférica para la banda de Theta 2. Análisis con la prueba U de Mann-Whitney entre el grupo control (GCT) y el grupo SOP (GSOP) para las bandas lentas. A) La línea negra indica la topografía de las derivaciones T3-T5. B) comparación significativa de la derivación T3-T5 $p(f) = .03$.

La figura 18 presenta las correlaciones significativas de las bandas rápidas para el hemisferio derecho en la condición de progresión. Para el comportamiento de la actividad eléctrica cerebral del hemisferio derecho en las bandas rápidas, se identificó el mismo patrón, el GSOP mostró un mayor acoplamiento en comparación con el GCT en las siguientes bandas y regiones. Para beta 1 (Figura 18 B) F2-F4 ($p(f) = .05$), F2-F8 ($p(f) = .03$), F2-C4 ($p(f) = .02$), F2-FZ ($p(f) = .01$) y F2-CZ ($p(f) = .04$); para beta 2 (Figura 18 C) en F2-F4 ($p(f) = .009$), F2-F8 ($p(f) = .004$), F2-C4 ($p(f) = .007$), F2-T4 ($p(f) = .01$), F2-P4 ($p(f) = .02$), F2-FZ ($p(f) = .001$), F2-CZ ($p(f) = .01$), F2-PZ ($p(f) = .04$) y F4-FZ ($p(f) = .05$). Y para la banda gamma (Figura 18 D) en las regiones F2-F4 ($p(f) = .04$), F2-F8 ($p(f) = .02$), F2-T4 ($p(f) = .04$) y F2-FZ ($p(f) = .006$).

Acoplamiento temporal intrahemisférico derecho para las bandas rápidas durante la ejecución de la tarea Cubos de Corsi en orden progresivo

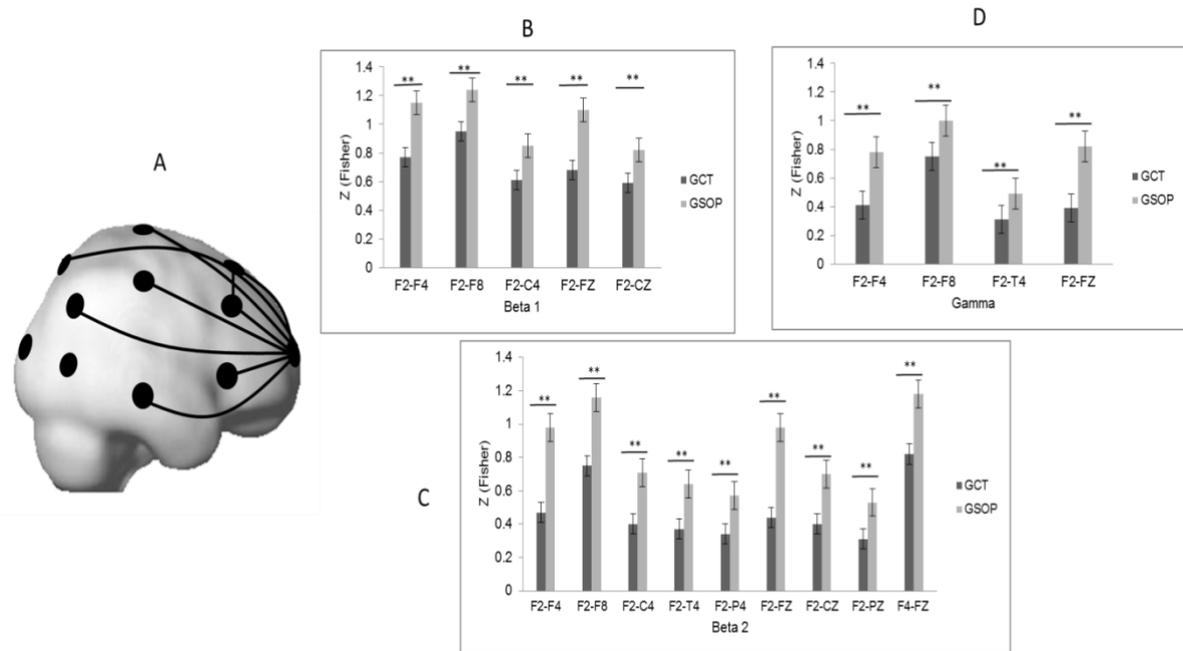


Figura 18. Correlación intrahemisférica. Análisis con la prueba U de Mann-Whitney entre el grupo control (GCT) y el grupo SOP (GSOP). A) Topografía cerebral para las siguientes derivaciones F2-FZ, F2-CZ, F2-PZ, F2-F4, F4-FZ, F2-C4, F2-P4, F2-F8 y F2-T4. B) Gráfica significativa para la banda Beta 1 en las siguientes derivaciones: F2- F4 $p(f) = .05$, F2-F8 $p(f) = .03$, F2-C4 $p(f) = .02$, F2-FZ $p(f) = .01$ y F2-CZ $p(f) = .04$. C) Gráfica para la banda Beta 2 en las siguientes derivaciones: F2- F4 $p(f) = .009$, F2-F8 $p(f) = .004$, F2-C4 $p(f) = .007$, F2-T4 $p(f) = .01$, F2-P4 $p(f) = .02$, F2-FZ $p(f) = .001$, F2-CZ $p(f) = .01$, F2-PZ $p(f) = .04$ y F4-FZ $p(f) = .05$. D) Gráfica para la banda Gamma en: F2-F4 $p(f) = .04$, F2-F8 $p(f) = .02$, F2-T4 $p(f) = .04$ y F2-FZ $p(f) = .006$

En la figura 19 se muestran las correlaciones significativas de las bandas lentas para el hemisferio derecho en la condición de progresión. Como se observa en la figura 19 B el GSOP presentó un menor acoplamiento intrahemisférico para la banda theta 2 en las siguientes regiones cerebrales F2-C4 ($p(f) = .02$), F2-P4 ($p(f) = .05$), F2-CZ ($p(f) = .03$) y F2-PZ ($p(f) = .02$). Para la banda delta (Figura 19 C) se observó la misma tendencia, GSOP menor acoplamiento en la región F2-C4 ($p(f) = .03$).

Acoplamiento temporal intrahemisférico derecho para las bandas lentas durante la ejecución de la tarea Cubos de Corsi en orden progresivo

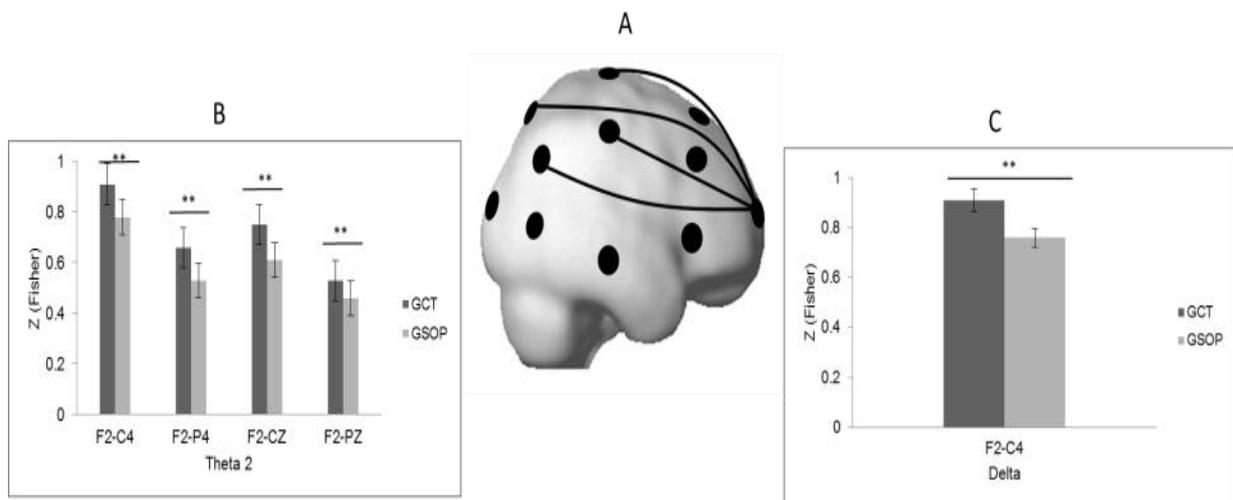


Figura 19. Correlación intrahemisférica. Análisis con la prueba U de Mann-Whitney entre el grupo control (GCT) y el grupo SOP (GSOP). A) Topografía cerebral para las siguientes derivaciones F2-CZ, F2-PZ, F2-C4 y F2-P4. B) Gráfica significativa para la banda Theta 2 en las siguientes derivaciones: F2- C4 $p(f) = .02$, F2-P4 $p(f) = .05$, F2-CZ $p(f) = .03$ y F2-PZ $p(f) = .02$. C) Gráfica para la banda Delta en la derivación F2-C4 $p(f) = .03$

Regresión

Durante la ejecución de la tarea en orden regresivo para el hemisferio izquierdo en las bandas rápidas, se observaron los siguientes resultados. Como se muestra en la figura 20 el GCT presentó un mayor acoplamiento de regiones centrales y posteriores en comparación con el GSOP. Para la banda Gamma (Figura 20 B) en la región C3-P3 ($p(f) = .04$); y para la banda total (Figura 20 C) en las regiones C3-T5 ($p(f) = .03$), C3-P3 ($p(f) = .004$), T3-T5 ($p(f) = .05$) y T5-PZ ($p(f) = .04$)

Acoplamiento temporal intrahemisférico izquierdo durante la ejecución de la tarea Cubos de Corsi en orden regresivo

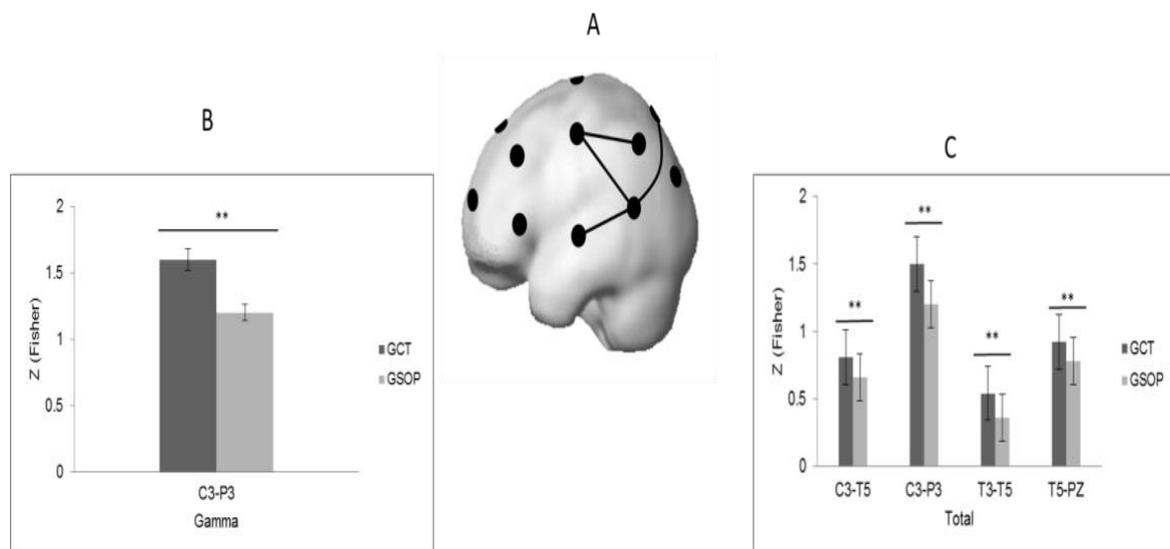


Figura 20. Correlación intrahemisférica. Análisis con la prueba U de Mann-Whitney entre el grupo control (GCT) y el grupo SOP (GSOP). A) Topografía cerebral para las siguientes derivaciones C3-P3, T5-PZ, C3-T5 y T3-T5. B) Gráfica significativa para la banda Gamma en C3-P3 $p(f) = .04$ C) Gráfica para la banda Total en las derivaciones: C3-T5 $p(f) = .03$, C3-P3 $p(f) = .004$, T3-T5 $p(f) = .05$ y T5-PZ $p(f) = .04$

La figura 21 presenta las correlaciones significativas para las bandas lentas del hemisferio izquierdo en la condición de regresión. Como se muestra en la figura 21 B el GCT presentó un mayor acoplamiento para la banda delta en comparación con el GSOP, en las siguientes regiones F1-T3 ($p(f) = .03$), C3-T5 ($p(f) = .01$), C3-P3 ($p(f) = .001$) y T5-PZ ($p(f) = .04$). Para la banda theta 2 (Figura 21 C) se observó un mayor acoplamiento del GCT en las regiones C3-P3 ($p(f) = .05$), T3-T5 ($p(f) = .03$) y T3-P3 ($p(f) = .03$). Para la banda alfa 1 (Figura 21 D) se identificó el mismo comportamiento, GCT mayor acoplamiento, para la región T5-O1 ($p(f) = .01$).

Acoplamiento temporal intrahemisférico izquierdo para las bandas lentas durante la ejecución de la tarea Cubos de Corsi en orden regresivo

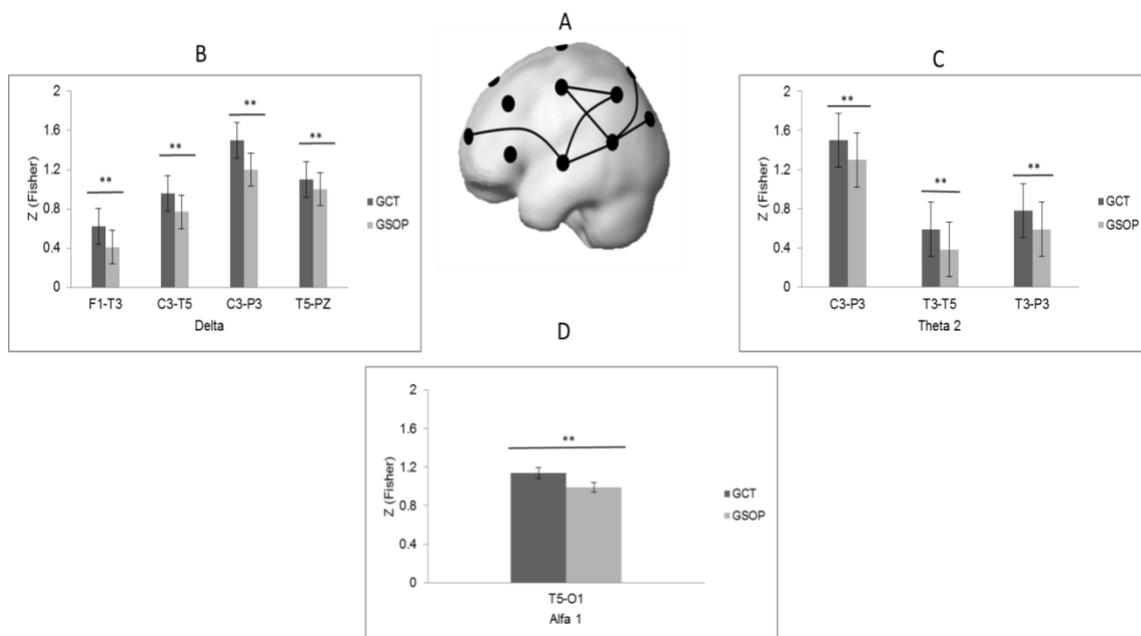


Figura 21. Correlación intrahemisférica. Análisis con la prueba U de Mann-Whitney entre el grupo control (GCT) y el grupo SOP (GSOP) para las bandas lentas. A) Topografía cerebral para las siguientes derivaciones F1-T3, T3-P3, T3-T5, C3-T5, C3-P3, T5-PZ y T5-O1. B) Gráfica significativa para la banda Delta: F1-T3 $p(f) = .03$, C3-T5 $p(f) = .01$, C3-P3 $p(f) = .001$ y T5-PZ $p(f) = .04$. C) Gráfica significativa para la banda Theta 2: C3-P3 $p(f) = .05$, T3-T5 $p(f) = .03$ y T3-P3 $p(f) = .03$. C) Gráfica para Alfa 1 en T5-O1 $p(f) = .01$.

Para el acoplamiento intrahemisférico derecho en orden regresivo, se encontraron los siguientes resultados. Como se puede observar en la figura 22, para las bandas rápidas se identificó un mayor acoplamiento del GCT en comparación con el GSOP para la banda beta 1 en la región T6-O2 ($p(f) = .01$); lo mismo para a banda beta 2 en las regiones T4-O2 ($p(f) = .05$), T6-P4 ($p(f) = .01$) y T6-O2 ($p(f) = .01$) (Figura 22 B). Se identificó la misma tendencia para la banda gamma (Figura 22 C), GCT con mayor acoplamiento, en las regiones C4-T6 ($p(f) = .02$), C4-O2 ($p(f) = .008$), T4-O2 ($p(f) = .02$), T6-P4 ($p(f) = .005$), T6-O2 ($p(f) = .01$), T6-PZ ($p(f) = .05$) y P4-O2 ($p(f) = .02$).

Acoplamiento temporal intrahemisférico derecho para las bandas rápidas durante la ejecución de la tarea Cubos de Corsi en orden regresivo

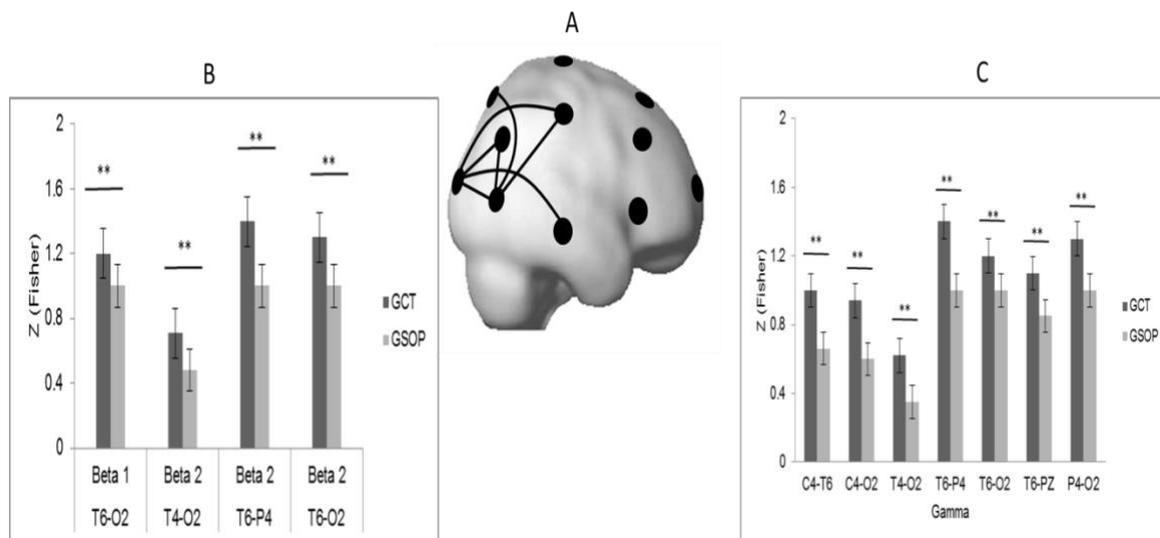


Figura 22. Correlación intrahemisférica. Análisis con la prueba U de Mann-Whitney entre el grupo control (GCT) y el grupo SOP (GSOP) para las bandas rápidas. A) Topografía cerebral para las siguientes derivaciones C4-O2, C4-T6, T4-O2, T6-P4, T6-PZ, P4-O2 y T6-O2. B) Gráfica significativa para la banda Beta 1 en T6-O2 $p(f) = .01$; Beta 2 en las siguientes correlaciones: T4-O2 $p(f) = .05$, T6-P4 $p(f) = .01$ y T6-O2 $p(f) = .01$. C) Gráfica significativa para la banda Gamma: C4-T6 $p(f) = .02$, C4-O2 $p(f) = .008$, T4-O2 $p(f) = .02$, T6-P4 $p(f) = .005$, T6-O2 $p(f) = .01$, T6-PZ $p(f) = .05$ y P4-O2 $p(f) = .02$.

Por otro lado, como se muestra en la figura 23 el GSOP presentó un mayor acoplamiento para la banda alfa 2 y beta 2 en las regiones F8-FZ ($p(f) = .05$) y F2-FZ ($p(f) = .04$) (Figura 23 B) respectivamente. Sin embargo, para la banda total y alfa 2 el GCT presentó un mayor acoplamiento en comparación con el GSOP en la región T6-P4 ($p(f) = .05$; $p(f) = .05$) (Figura 23 C).

Acoplamiento temporal intrahemisférico derecho durante la ejecución de la tarea Cubos de Corsi en orden regresivo

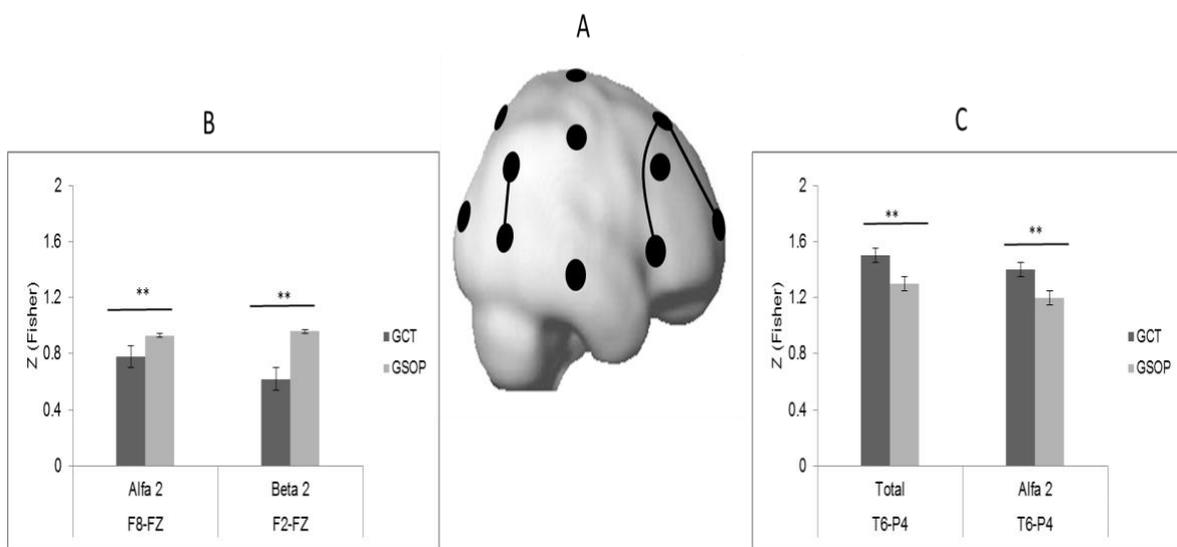


Figura 23. Correlación intrahemisférica. Análisis con la prueba U de Mann-Whitney entre el grupo control (GCT) y el grupo SOP (GSOP) para la banda Alfa 2 y total. A) Topografía cerebral para las siguientes derivaciones F8-FZ, T6-P4 y F2-FZ. B) Gráfica significativa para la banda Alfa 2 en F8-FZ $p(f) = .05$ y Beta 2 en F2-FZ $p(f) = .04$. C) Gráfica significativa para la banda Total en la correlación T6-P4 $p(f) = .05$ y para Alfa 2 $p(f) = .05$.

8. Discusión

El objetivo de esta investigación fue comparar el sustrato neurofisiológico, así como, el rendimiento cognitivo ante una tarea memoria de trabajo visoespacial entre mujeres con un diagnóstico de síndrome del ovario poliquístico (SOP) y un grupo control; adicionalmente se realizó una comparación del perfil hormonal para conocer las diferencias entre ambos grupos. Bajo el supuesto de que las mujeres con SOP presentarían una menor puntuación en la prueba, al igual que, un mayor tiempo en la ejecución de sus respuestas en comparación con el grupo control; teniendo en cuenta que la actividad eléctrica cerebral podría diferir entre los dos grupos durante la realización de la tarea.

En este estudio se encontró que las mujeres del grupo SOP no presentaron diferencias estadísticamente significativas en comparación con el grupo control durante la fase folicular en los niveles hormonales de: hormona luteinizante (LH), folículo estimulante (FSH), prolactina (PRL), progesterona (Pg), estradiol (E2), testosterona (T) y testosterona libre (TL); sin embargo, se identificó una tendencia del GSOP a presentar mayores niveles de testosterona libre y hormona luteinizante. Lo anterior coincide con las aportaciones de Sir, Preisler y Magendzo (2013), quienes mencionan que las mujeres con SOP tienden a presentar niveles de andrógenos elevados de forma discreta a moderada, aunque este aumento es frecuente, muchas veces cae dentro del rango de normalidad, lo cual no implica una exclusión para su diagnóstico. Por su parte, Calvo (2016) reporta que los niveles elevados de testosterona libre funcionan como el marcador más sensible del hiperandrogenismo (HA) del síndrome del ovario poliquístico y éste puede alterar la regulación de los pulsos de la hormona luteinizante.

Durante la ejecución de la tarea Cubos de Corsi, utilizada para evaluar el componente visoespacial de la memoria de trabajo, se encontró que tanto en progresión como en regresión las mujeres del grupo SOP tuvieron un desempeño menor, pero no estadísticamente significativos; se observó la misma tendencia para el tiempo de reacción, en progresión grupo SOP tardó menos y en regresión tardó más en resolver la tarea, pero

en ambas condiciones el grupo SOP fue menos asertivo en comparación con el grupo control. Estos resultados son similares al estudio realizado por Bernard, Balen, Ferriday, Tiplady y Dye (2007) en el que compararon el desempeño cognitivo ante una tarea de rotación mental en mujeres con SOP y mujeres sin la endocrinopatía; encontraron una disminución en el desempeño cognitivo en el grupo SOP en términos de asertividad y velocidad. Los datos obtenidos en esta investigación respaldan esta hipótesis, particularmente ante el desempeño de la memoria de trabajo visoespacial.

Nuestra muestra incluyó a mujeres SOP sin tratamiento farmacológico, en futuras investigaciones sería interesante conocer si esta disminución en el desempeño cognitivo mejora al recibir un tratamiento, ya que existe evidencia que reporta cambios en el desempeño cognitivo; Barnard y colaboradores (2007) compararon el rendimiento cognitivo entre mujeres diagnosticadas con SOP sin tratamiento y mujeres SOP con tratamiento farmacológico; observaron que las mujeres con tratamiento tuvieron un mejor rendimiento que las mujeres que no recibían medicación, a pesar de esto, el grupo SOP con tratamiento obtuvo un desempeño menor al compararlo con un grupo control.

La actividad electroencefalográfica (EEG) fue diferente en la condición de progresión y regresión de la tarea, sin embargo, en la potencia absoluta (PA) únicamente se encontraron diferencias significativas en progresión; en donde el grupo control tuvo una mayor PA en áreas frontales, derivaciones F1 y F2, para las bandas rápidas (gamma y beta), estos resultados coinciden con lo que menciona Goldman (1995) acerca de la participación de áreas frontales en el componente de memoria de trabajo durante tareas que involucran la retención de estímulos. En el GSOP, se observó una mayor PA en áreas perceptivas primarias del hemisferio izquierdo (derivaciones C3 y O1), las cuales no se han relacionado directamente con la resolución de este tipo de tareas; investigaciones de Hanley y colaboradores (1991) mencionan que en los procesos visoespaciales las regiones involucradas constituyen áreas corticales occipitales, parietales y temporales.

En este estudio el GSOP presentó un mayor acoplamiento temporal en áreas frontales (F1-F2) para las bandas rápidas, así como para las bandas de delta y total en la resolución de la tarea en orden progresivo, mientras que, en orden regresivo el GCT obtuvo un mayor acoplamiento interhemisférico en áreas perceptivas parietales (P3-P4) y temporales (T5-T6) para la banda gamma y total. Los resultados obtenidos en el GCT fueron similares a lo que observaron en una investigación con resonancia magnética funcional (fMRI), al evaluar a mujeres sin patología durante la resolución de una tarea de rotación mental, encontrando que las mujeres tenían una activación significativamente mayor en el lóbulo parietal, así como, una mayor activación en áreas frontales (Weiss, Siedentopf, Hofer, Deisenhammer, Hoptman, Kremser & Delazer, 2003).

Los resultados de este estudio contribuyen a la comprensión del correlato neurofisiológico subyacente a la memoria de trabajo visoespacial, el acoplamiento interhemisférico registrado en el GCT se asemeja a los resultados obtenidos en estudios previos con mujeres sin patología, las cuales muestran un mayor acoplamiento bilateralmente en lóbulos parietales, occipitales y frontales; mientras que el acoplamiento de áreas parietooccipital subraya el papel principal del proceso visoespacial, la activación de la corteza frontal refleja la flexibilidad cognitiva y estrategias de resolución de problemas, como podría ser, la manipulación y retención de estímulos en la tarea Cubos de Corsi (Weiss et al., 2003; Ark, 2002).

Otro de los objetivos del presente estudio fue conocer el acoplamiento temporal intrahemisférico, es decir, la correlación en las regiones cerebrales del mismo hemisferio. El GCT mostró una mayor correlación para la banda theta en el hemisferio derecho y línea media en áreas frontales (F2-PZ y F2-CZ) y parietales (F2-P4 y F2-PZ) y para el hemisferio izquierdo en áreas temporales (T3-T5). Estos resultados son respaldados por el estudio de Wu y colaboradores (2007), en donde estudiaron y analizaron la actividad electroencefalográfica en 10 estudiantes universitarias sanas ante la resolución de una tarea de memoria de trabajo verbal y visoespacial (retención de estímulos), encontraron una

mayor potencia del ritmo theta en áreas frontales bilateralmente y temporoparietal derecha; estos resultados sugieren que la sincronización neuronal de la banda theta está relacionada con el componente ejecutivo central, mientras que la correlación en áreas temporales proporciona la evidencia neurofisiológica que respalda la hipótesis de la memoria de trabajo.

En esta investigación encontramos una mayor sincronización del ritmo alfa en el GSOP en comparación con el GCT en áreas frontales, centrales y parietales del hemisferio izquierdo (F1-PZ, F7-C3, FZ-P3 y FZ-PZ). Se ha reportado que los cambios en el ritmo alfa están relacionados con mecanismos de filtración, pero no se ha descrito su relevancia ante la resolución de tareas de memoria de trabajo, dicho lo anterior podríamos inferir que el GSOP utiliza un mayor número de áreas en el ritmo alfa, del cual no depende este tipo de tareas. Lo anterior se ve respaldado por un estudio realizado en humanos a los cuales registraron la actividad cerebral mediante la magnetoencefalografía (MEG) ante una tarea de memoria, encontraron un aumento de la actividad alfa en áreas parietooccipitales, región que no está directamente relacionada en el mantenimiento de la memoria, sin embargo, sugieren que la actividad alfa en esta región podría reflejar la participación en la inhibición de estímulos visuales con el objetivo de dirigir los recursos a las estructuras especializadas en el mantenimiento de la memoria de trabajo (Tuladhar, Huurne, Schoffelen, Maris, Oostenveld & Jensen, 2007).

Se encontró en el GSOP una mayor activación de la banda beta 1 y 2 en distintas áreas del hemisferio derecho, involucrando la correlación de áreas frontales, centrales, parietales y temporales (F2-F4, F2-F8, F2-C4, F2-T4, F2-P4, F2-FZ, F2-CZ, F2-PZ y F4-FZ). Mientras que el GCT mostró una mayor activación en el mismo hemisferio, pero en áreas posteriores, involucrando la correlación parietal, temporal y occipital (T6-O2, T4-O2, T6-P4). Estudios previos han reportado inconsistencia sobre la activación y participación de la banda beta en la contribución en los procesos de memoria de trabajo, sin embargo, se ha descrito que el aumento del ritmo beta 1 en áreas posteriores es mayor durante el periodo de retención de estímulos y disminuye cuando el grado de complejidad de la tarea aumenta

(Tallon-Baudry, Bertrand, Peronnet & Pernier, 1998; Onton, Delorme & Makeig, 2005; Pavlov & Kotchoubey, 2017).

Con respecto a la banda gamma existe poca evidencia de su participación en la resolución de tareas cognitivas. En esta investigación se observó que el GCT tuvo una mayor correlación interhemisférica en áreas posteriores en ambos hemisferios, la mayor activación de estas áreas se observó en la condición de regresión de la tarea cubos de Corsi. Tallon-Baudry, Bertrand, Peronnet y Pernier (1998) realizaron un estudio en el cual analizaron la participación del ritmo gamma durante la resolución de una tarea de memoria de trabajo, encontraron una mayor activación en áreas occipitotemporales izquierdas y de manera bilateral en áreas frontales, siendo mayor en áreas posteriores en el proceso de manipulación de estímulos. Se ha reportado que la interpretación de objetos visuales podría representarse a nivel cerebral gracias a un ensamblaje neuronal mediante la activación de las oscilaciones del ritmo gamma.

Los resultados obtenidos muestran una mayor participación de áreas cerebrales en el GSOP en comparación con el GCT en los distintos ritmos neuronales, por lo tanto, refleja la necesidad del GSOP de abordar una mayor cantidad de recursos electrofisiológicos en comparación con el GCT.

9. Alcances y limitaciones

El presente trabajo plantea la existencia de diferencias en la organización cerebral, el funcionamiento cognitivo ante una tarea de memoria de trabajo visoespacial y el perfil hormonal entre mujeres con un diagnóstico de Síndrome del Ovario Poliquístico (SOP) y un grupo control.

Una de las principales limitaciones al estudiar alguna endocrinopatía, es la variabilidad de signos y síntomas que pueden presentarse en cada mujer, en el caso del SOP se han descrito diferentes teorías que explican su etiología, por tanto, los cambios a nivel clínico, metabólico y endocrino pueden jugar un papel fundamental en el estudio del SOP.

Con relación a la actividad electroencefalográfica, una de las limitaciones es que la mayoría de los estudios son realizados con hombres y existen pocas investigaciones en las cuales reporten los cambios a nivel electrofisiológico y cognitivo en mujeres. Esta investigación aporta evidencia de las diferencias en la organización cerebral en mujeres SOP y un grupo control.

Por otra parte, en este estudio incluimos únicamente mujeres con SOP sin tratamiento, en futuras investigaciones sería interesante conocer si existen cambios en el desempeño cognitivo, así como, en la actividad electroencefalográfica en mujeres SOP con tratamiento farmacológico.

10. Conclusiones

Los resultados del presente estudio apoyan la existencia de un menor desempeño a nivel cognitivo, particularmente en la memoria de trabajo visoespacial en mujeres con un diagnóstico de síndrome del ovario poliquístico (SOP), mostrando un mayor número de errores en la tarea, así como, una disminución en la velocidad de respuesta.

A nivel electrofisiológico se encontró que las mujeres con SOP utilizan un mayor número de áreas cerebrales y ritmos neuronales en comparación con el grupo control. Los resultados a nivel electroencefalográfico del grupo SOP no son semejantes a los que se han reportado en mujeres sanas. Lo anterior apoya la hipótesis de que las mujeres con una endocrinopatía, particularmente SOP tienen una organización cerebral diferente en comparación con un grupo control.

Los resultados del EEG en el grupo control respaldan la idea de la participación del ritmo theta en las áreas frontoparietales subyacentes al componente ejecutivo central de la memoria de trabajo, de igual forma, la sincronización del ritmo alfa en áreas posteriores en el mecanismo de filtración de información visual.

Por otra parte, el presente estudio permitió corroborar la disminución en el desempeño cognitivo de las mujeres con SOP; ampliando el conocimiento acerca del sustrato electrofisiológico ante el proceso de memoria de trabajo visoespacial. Dicho lo anterior, una posible hipótesis derivada de los resultados obtenidos, sería que el SOP tiene un efecto activador a nivel cerebral, aunado a esto, diferentes regiones cerebrales podrían ser sensibles al aumento en los niveles de hormonas masculinas.

11. Referencias

- Amado, J. A., & Flórez, J. (2003). Hormonas sexuales: estrógenos, gestágeno andrógenos y anticonceptivos hormonales. *Farmacología humana*, 887-911.
- Ark, W. S. (2002, January). Neuroimaging studies give new insight to mental rotation. In *Proceedings of the 35th Annual Hawaii International Conference on System Sciences* (pp. 1822-1828).
- Arrighi, A. A. (2012). Dimorfismo sexual humano. *Revista de la Asociación Médica Argentina*.
- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. In *Psychology of learning and motivation*. Academic Press.
- Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, 255(5044), 556.
- Becker, J.B., Breedlove, S.M., Crews, D. & McCarthy, M.M. (eds.) (2002). *Behavioral*
- Berenbaum, S. A., & Hines, M. (1992). Early androgens are related to childhood sex-typed toy preferences. *Psychological science*, 3(3), 203-206.
- Barnard, L., Balen, A. H., Ferriday, D., Tiplady, B., & Dye, L. (2007). Cognitive functioning in polycystic ovary syndrome. *Psychoneuroendocrinology*, 32(8-10), 906-914.
- Berka, C., Levendowski, D. J., Lumicao, M. N., Yau, A., Davis, G., Zivkovic, V. T. & Craven, P. L. (2007). EEG correlates of task engagement and mental workload in vigilance, learning, and memory tasks. *Aviation, space, and environmental medicine*, 78(5), B231-B244.
- Botella Llusia, J. (1995). El ovario en la pubertad y en la menopausia. En J. Botella Llusia (Ed.) *El ovario. Fisiología y Patología* (175-202). Madrid: Díaz de Santos.

- Brailowsky, S. (1999). *Las sustancias de los sueños: Neuropsicofarmacología*. Fondo de cultura Económica.
- Bremner, J. D., Soufer, R., McCarthy, G., Delaney, R., Staib, L. H., Duncan, J. S., & Charney, D. S. (2001). Related gender differences in cognitive and neural correlates of remembrance of emotional words. *Psychopharmacology Bulletin*.
- Brière, M. È., Forest, G., Chouinard, S., & Godbout, R. (2003). Evening and morning EEG differences between young men and women adults. *Brain and Cognition*, 53(2), 145-148.
- Builes, C. A., Diaz, I., Castañeda, J., & Pérez, L. E. (2016). Caracterización clínica y bioquímica de la mujer con Síndrome de Ovario Poliquístico. *Revista colombiana de obstetricia y ginecología*.
- Calvo, M. T. (2016). Síndrome de Ovario Poliquístico (SOP). *Revista de Formación Continuada de la Sociedad Española de Medicina de la Adolescencia*.
- Campanella, S., Rossignol, M., Mejias, S., Joassin, F., Maurage, P., Debatisse, D., Bruyer, R., Crommelinck, M., & Guerit, J. M. (2004). Human gender differences in an emotional visual oddball task: an event-related potentials study. *Neuroscience Letters*.
- Carlson, N. (1999). *Fisiología de la conducta*. Barcelona: Ariel.
- Carlson, N. R., & Clark, D. P. (2014). *Fisiología de la conducta*. Madrid, Spain: Pearson Educación.
- Collaer, M.L., Geffner, M.E., Kaufman, F.R., Buckingham, B. & Hines, M. (2002). Cognitive and behavioral characteristics of Turner Syndrome: Exploring a role for ovarian hormones in female sexual differentiation. *Hormones and Behavior*, 41, 139–155.

- Collaer, M.L., Tory, H.O. & Valkenburgh, M.C. (2004). Do sex steroid hormones contribute to sexual differentiation of the human brain?. En M.J. Legato, Principles of Gender Specific Medicine (Vol.1, 71-83). San Diego: Academic Press.
- Cookson, W. (1994). The Gene Hunters: Adventures in the Genome Jungle. London: Aurum Press.
- Corr, P. J. (2008). Psicología biológica. McGraw-Hill Education.
- Corsi-Cabrera, M., del Río-Portilla, Y. & Muñoz-Torres, Z. (2007). Sex-Steroid dimorphic effects on functional brain organization: Differences in cognition, emotion and anxiety. En: M. T. Czerbska (Ed.). Psychoneuroendocrinology Research Trends. New York: Nova Biomedical.
- Crone, E. A., Wendelken, C., Donohue, S., van Leijenhorst, L., & Bunge, S. A. (2006). Neurocognitive development of the ability to manipulate information in working memory. Proceedings of the National Academy of Sciences, 103(24), 9315-9320.
- Cutler, W. B., Preti, G., Krieger, A., Huggins, G. R., Garcia, C. R., & Lawley, H. J. (1986). Human axillary secretions influence women's menstrual cycles: The role of androgen extract from men. Hormones and Behavior, 20(4), 463-473.
- DeUgarte, C.M., Bartolucci, A.A. & Azziz, R. (2005). Prevalence of insulin resistance in the Polycystic Ovary Syndrome using the homeostasis model assessment. Fertility and Sterility, 83, 1454-1460.
- Dreher, J. C., Schmidt, P. J., Kohn, P., Furman, D., Rubinow, D., & Berman, K. F. (2007). Menstrual cycle phase modulates reward-related neural function in women. Proceedings of the National Academy of Sciences, 104(7), 2465-2470.

- Eayrs, J. T. (1952). Sex differences in the maturation and function of the nervous system in the rat. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd. Endocrinology. Cambridge, MA: MIT Press.
- Fabes, R. A., & Martin, C. J. (1991). Gender and age stereotypes in emotionality. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 17, 532-540.
- Fitch, R. H., & Denenberg, V. H. (1998). A role for ovarian hormones in sexual differentiation of the brain. *Behavioral and Brain Sciences*, 21(3), 311-327.
- Fox, S. (2015). *Human physiology*. McGraw-Hill Education.
- Goldman-Rakic, P. S. (1995). Cellular basis of working memory. *Neuron*, 14(3), 477-485.
- González, D.E. & Deis, R.P. (1986). Maternal behavior in cyclic and androgenized female rats: Role of ovarian hormones. *Physiology & Behavior*, 38, 789-793.
- Goy, R. W. & McEwen, B. S. (1980). *Sexual Differentiation of the Brain*. Cambridge: MIT Press.
- Goy, R. W., Bercovitch, F. B., & McBair, M. C. (1988). Behavioral masculinization is independent of genital masculinization in prenatally androgenized female Rhesus macaques. *Hormones and behavior*, 22(4), 552-571.
- Grazzini, E., Guillon, G., Mouillac, B., & Zingg, H. H. (1998). Inhibition of oxytocin receptor function by direct binding of progesterone. *Nature*, 392(6675), 509-512.
- Hall, J. (1978). *Nonverbal sex differences: Communication accuracy and expressive style*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Hanley, J. R., Young, A. W., & Pearson, N. A. (1991). Impairment of the visuo-spatial sketch pad. *The quarterly Journal of experimental Psychology*, 43(1), 101-125.

- Harner, P., & Sannit, T. (1974). A review of the international ten-twenty system of electrode placement. Grass Instrument Company.
- Herreño, S., & del Río-Portilla, Y. (2019). Rendimiento cognitivo en mujeres con Síndrome de Ovario Poliquístico: un estudio piloto (Cognitive Performance in Women with Polycystic Ovarian Syndrome: A Pilot Study). *CES Psicología*, 12(2), 41-50.
- Hess, R. A., Bunick, D., Lee, K. H., Bahr, J., Taylor, J. A., Korach, K. S., & Lubahn, D. B. (1997). A role for oestrogens in the male reproductive system. *Nature*, 390(6659), 509-512.
- Ibañez, L., Hall, J.E., Potau, N., Carrasco, A., Prat, N. & Taylor, A.E. (1996). Ovarian 17 hydroxyprogesterone hyperresponsiveness to gonadotropin- releasing hormone (GnRH) agonist challenge in women with polycystic ovary syndrome is not mediated by luteinizing hormone hypersecretion: evidence from GnRH agonist and human chorionic gonadotropin stimulation testing. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 81, 4103-4107.
- Juárez, J., Corsi-Cabrera, M., & del Río-Portilla, I. (1995). Effects of prenatal testosterone treatment on sex differences in the EEG activity of the rat. *Brain research*, 694(1-2), 21-28.
- Kimura, D. (2002). Sex differences in the brain. *Scientific American*, 32-37.
- Kimura, D., & Hampson, E. (1994). Cognitive pattern in men and women is influenced by fluctuations in sex hormones. *Current directions in psychological science*, 3(2), 57-61.
- Klimesch, W. (1996). Memory processes, brain oscillations and EEG synchronization. *International journal of psychophysiology*, 24(1-2), 61-100.

- Kubli, C. (1993). Acción neuromoduladora de las hormonas esteroides. En. A. Zárate Treviño, C.E. Morán Villota, A. Feria Velasco y Kubli Garfias, C. (Comp.). Fundamentos de endocrinología. México: Fondo de Cultura Económica.
- Kühnemann S., Brown T.J., Hochberg R.B. & MacLusky N.J. (1995). Sexual differentiation of estrogen receptor concentrations in the rat brain: effects of neonatal testosterone exposure. *Brain Research*, 691, 229-234.
- Lindsley, D. B. (1952). Psychological phenomena and the electroencephalogram. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 4(4), 443-456.
- Litwack, G. & Schmidt, T. J. (2004). Bioquímica de las hormonas I: Hormonas polipeptídicas. En T. Devlin. Bioquímica. México: Reverte.
- MacLusky, N.J., Naftolin, F. & Goldman-Rakic, P.S. (1986). Estrogen formation and binding in the cerebral cortex of the developing rhesus monkey. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 83, 513-516.
- MacLusky, N.J., Walters, M.J., Clark, A.S. & Toran-Allerand, C.D. (1994) Aromatase in the cerebral cortex, hippocampus, and mid-brain: Ontogeny and developmental implications. *Molecular and Cellular Neurosciences*, 5, 691-698.
- Mandal, M. K., & Palchoudhury, S. (1985). Perceptual skills in decoding facial affect. *Perceptual and motor skills*, 60, 96-98.
- Marosi, E. (2008). Electroencefalografía de la A a la Z. México: UNAM.
- Meeks, J. J., Weiss, J. & Jameson, L. J. (2003). Dax1 is required for testis determination. *Nature Genetics*, 34, 32-3.

- Michelmore, K. F., Balen, A. H., Dunger, D. B., & Vessey, M. P. (1999). Polycystic ovaries and associated clinical and biochemical features in young women. *Clinical endocrinology*, 51(6), 779-786.
- Moreines, J.K. & Powers, J.B. (1977). Effects of acute ovariectomy on the lordosis response of female rats. *Physiology & Behavior*, 19, 277-283.
- Niedermeyer, E. (2004). The Normal EEG of the Waking Adult. En E. Niedermeyer y F. Lopes da Silva (Eds). *Electroencephalography. Basic principles, clinical applications and related fields*. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.
- Novakov, M. & Fleming, A.S. (2005). The effects of early rearing environment on the hormonal induction of maternal behavior in virgin rats. *Hormones and Behavior*, 48, 528-536.
- Onton, J., Delorme, A., & Makeig, S. (2005). Frontal midline EEG dynamics during working memory. *Neuroimage*, 27(2), 341-356.
- Österlund, M., Kuiper, G.G., Gustafsson, J.A. & Hurd, Y.L. (1998). Differential distribution and regulation of estrogen receptor- α and $-\beta$ mRNA within the female rat brain. *Molecular Brain Research*, 54, 175-180.
- Ostrosky-Solís, F., Gómez, M. E., Villaseñor, E. M., Roselli, M., Ardila, A., & Pineda, D. (2003). *Neuropsi: atención y memoria: 6 a 85 años*. Mexico City: American Book Store.
- Otero Dadín, C., Rodríguez Salgado, D., & Andrade Fernández, E. (2009). Ciclos naturales de las hormonas sexuales y diferencias entre sexos en memoria. *Actas Españolas de Psiquiatría*, 37(2).
- Pavlov, Y. G., & Kotchoubey, B. (2017). EEG correlates of working memory performance in females. *BMC neuroscience*, 18(1), 1-14.

- Pérez, J. A. P. (2005). *Introducción a la neuropsicología*. McGraw-Hill.
- Phoenix, C. H., Goy, R. W., Gerall, A. A., & Young, W. C. (1959). Organizing action of prenatally administered testosterone propionate on the tissues mediating mating behavior in the female guinea pig. *Endocrinology*, 65(3), 369-382.
- Pigott, A. T. (1999). Gender differences in the epidemiology and treatment of anxiety disorders. *The Journal of clinical psychiatry*, 60, 4-15.
- Pinel, J.P. (2001). *Hormonas y Sexo*. En J.P. Pinel, *Biopsicología* (4 Ed., 327-357). Madrid: Prentice Hall.
- Protopopescu, X., Pan, H., Altemus, M., Tuescher, O., Polanecsky, M., McEwen, B., Silbersweig, D. y Stern, E. (2005). Orbitofrontal cortex activity related to emotional processing changes across the menstrual cycle. *PNAS*, 102 (44); 3-4.
- Ross, J., Roeltgen, D. & Zinn, A. (2006). Cognition and the sex chromosomes: Studies in Turner Syndrome. *Hormone Research*, 65, 47-56.
- Rotterdam ESHRE/ASRM-Sponsored PCOS Consensus Workshop Group (2004). Revised 2003 consensus on diagnostic criteria and long-term health risks related to polycystic ovary syndrome (PCOS). *Human Reproduction*, 19,41-47.
- Sarkey, S., Azcoitia, I., García-Segura, L.M., García-Ovejero, D. & DonCarlos, L.L. (2008). Classical androgen receptors in non-classical sites in the brain. *Hormones and Behavior*, 53, 753-764.
- Schattmann, L., & Sherwin, B. B. (2007). Testosterone levels and cognitive functioning in women with polycystic ovary syndrome and in healthy young women. *Hormones and Behavior*, 51(5), 587-596.

- Schulkin, J. (1998). *The Neuroendocrine Regulation of Behavior*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Sheehan, M. T. (2004). Polycystic Ovarian Syndrome: Diagnosis and management. *Clinical Medicine and Research*, 2(1), 13-27.
- Silverthorn, D. U. (2008). *Fisiología humana/Human Physiology: Un enfoque integrado*. Ed. Médica Panamericana.
- Sir, T., Preisler, J., & Magendzo, A. (2013). Polycystic ovary syndrome: diagnosis and management. *Rev Med Clin Condes*, 24(5), 818-826.
- Slabbekoorn, D., van Goozen, S. H. M., Megens, J. Gooren, L. J. & Cohen-Kettenis, P.T. (1999). Activating effects of cross-sex hormones on cognitive functioning: a study of short-term and long-term hormone effects in transsexuals. *Psychoneuroendocrinology*, 24, 423-447.
- Solis-Ortiz, S., Guevara, M. A., & Corsi-Cabrera, M. (2004). Performance in a test demanding prefrontal function is favored by early luteal phase progesterone: an electroencephalographic study. *Psychoneuroendocrinology*, 29(8), 1047-1057.
- Solis-Ortiz, S., Ramos, J., Arce, C., Guevara, M. A., & Corsi-Cabrera, M. (1994). EEG oscillations during menstrual cycle. *International journal of neuroscience*, 76(3-4), 279-292.
- Squire, L. R. (2004). Memory systems of the brain: a brief history and current perspective. *Neurobiology of learning and memory*, 82(3), 171-177.
- Squire, L. R., & Kandel, E. R. (2003). *Memory: From mind to molecules* (Vol. 69). Macmillan.

- Tallon-Baudry, C., Bertrand, O., Peronnet, F., & Pernier, J. (1998). Induced γ -band activity during the delay of a visual short-term memory task in humans. *Journal of Neuroscience*, 18(11), 4244-4254.
- Taylor, A.E, Mccourt, B., Martin, K.A., Anderson, E.J., Adams, J.M., Schoenfeld, D. & Hall, J.E. (1997). Determinants of abnormal gonadotropin secretion in clinical defined woman with Polycystic Ovary Syndrome. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 82, 2248-2256.
- Thibodeau, G. A., & Patton, K. T. (1995). *Anatomía y fisiología*. Mosby-Doyma Libros.
- Thilers, P.P., MacDonald, S.W. & Herlitz, A. (2006). The association between endogenous free testosterone and cognitive performance: A population-based study in 35- to 90 -year-old men and women. *Psychoneuroendocrinology*, 31, 565-576.
- Tuladhar, A. M., Huurne, N. T., Schoffelen, J. M., Maris, E., Oostenveld, R., & Jensen, O. (2007). Parieto-occipital sources account for the increase in alpha activity with working memory load. *Human brain mapping*, 28(8), 785-792.
- Turner, C. D. (1948). *General endocrinology*. General endocrinology.
- Vietez, A., Lopez Mato, A., Boullosa, O., Marquez, C. y Perez, S. (2000). Depresión Climatérica. *Revista Argentina de Clínica Neuropsicológica*, 9 (2).
- Weiser, M.J., Foradori, C.D. & Handa, R.J. (2008). Estrogen receptor beta in the brain: From form to function. *Brain Research Reviews*, 57, 309-320.
- Weiss, E., Siedentopf, C. M., Hofer, A., Deisenhammer, E. A., Hoptman, M. J., Kremser, C., & Delazer, M. (2003). Sex differences in brain activation pattern during a visuospatial cognitive task: a functional magnetic resonance imaging study in healthy volunteers. *Neuroscience letters*, 344(3), 169-172.

- Wong Carriera, A., & Álvarez González, M. Á. (2013). Hormonas, cerebro y conducta. Notas para la práctica de la Psicología en la Endocrinología. *Revista cubana de Endocrinología*, 24(1),57-69.
- Wu, X., Chen, X., Li, Z., Han, S., & Zhang, D. (2007). Binding of verbal and spatial information in human working memory involves large-scale neural synchronization at theta frequency. *Neuroimage*, 35(4), 1654-1662.
- Young, W. C., Goy, R. W., & Phoenix, C. H. (1964). Hormones and sexual behavior. *Science*, 143(3603), 212-218.
- Zárate, A., Hernandez, M., Moran, C., Manuel, L., y Saucedo, R. (2014). Conveniencia clínica de redefinir al Síndrome de Poliquistosis ovárica (Stein-Leventhal). *Revista de Ginecología y Obstetricia, Mexico*, 82(2), 246-251.
- Zhang, J.Q., Cai, W.Q., Zhou, D.S. & Su, B.Y. (2002). Distribution and differences of estrogen receptor beta immunoreactivity in the brain of adult male and female rats. *Brain Research*, 935, 73-80.