



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
División de Ciencias Biológicas
Departamento de Ciencias Ambientales

INSTITUTO DE NEUROCIENCIAS

Correlación prefronto-parietal durante la ejecución
de Hanoi y Wisconsin en adolescentes femeninas
con TEPT

Tesis

que para obtener el grado de

**DOCTOR EN CIENCIA DEL COMPORTAMIENTO
(ORIENTACIÓN NEUROCIENCIA)**

presenta

Lucia Ester Rizo Martínez

Comité tutorial

Dr. Miguel Ángel Guevara Pérez (Director)

Dra. Marisela Hernández González

Dr. Luis Francisco Cerdán Sánchez

Dra. Araceli Sanz Martín

**" [Las neuronas son] células de formas delicadas y elegantes,
las misteriosas mariposas del alma,
cuyo batir de alas quién sabe si esclarecerá algún día
el secreto de la vida mental "**

Santiago Ramón y Cajal

Este trabajo está dedicado:

A Dios, por la vida y la oportunidad de evolucionar.

A mis papás, por sus cuidados, por estar conmigo, por su apoyo incondicional, por la libertad que siempre me obsequiaron para tomar mis propias decisiones y por la confianza que siempre han tenido en mí.

A mis hermanos Miguel, Juan, Elsa, Blanca y Pancho, por ser mis compañeros de vida y enseñarme las diversas facetas y direcciones que puede tomar el destino de cualquier ser humano.

A mi esposo Jesús Miguel, por su compañía y por ser mi apoyo y complemento en las diferentes áreas y quehaceres de mi vida.

A mi pequeña Luz Celeste, por su hermosa presencia en mi vida, por enseñarme otra faceta de mi existencia y por compartir mi tiempo, que es su tiempo, con las labores académicas.

A mis amigos de siempre: Lizbeth, Gera, Alejandra, Germán, Enrique, Yolanda, Lupita H., Lupita M., Ibeeth, Martha, Esthela, Rosa y René, por las experiencias inolvidables.

A Rodrigo, Jaqueline, Oscar, Nahum y Erika, por su valiosa aunque breve presencia en mi vida y por recordarme lo corta que es ésta disfrutar cada momento y para realizar nuestros sueños.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a la Universidad de Guadalajara, al Instituto de Neurociencias y al CONACYT por el invaluable apoyo y oportunidad de ingresar y permanecer en la aventura del conocimiento científico.

Gracias a mis tutores: Dr. Miguel Ángel Guevara y la Dra. Marisela Hernández González, por su confianza, guía, enseñanzas, atención, tiempo y dedicación. Por su apoyo incondicional tanto en los tiempos excelentes como en los tiempos de pruebas. Por su calidez humana ante los problemas y/o situaciones difíciles de los demás. Por sus exigencias que me han enseñado a esforzarme y a ser mejor.

Gracias la Dra. Araceli Sanz Martín, por sus aportaciones, sugerencias y disponibilidad. Por su pasión por las Neurociencias y su trabajo, que motiva a realizar las cosas con mayor entusiasmo.

Gracias al Dr. Luis Cerdán, por sus invaluable aportaciones y sugerencias. Por su generosidad al compartir conmigo su tiempo y conocimientos que han enriquecido y complementado mi formación académica.

Gracias a todos los investigadores del Instituto de Neurociencias, por sus conocimientos y sugerencias aportados tanto en clases y seminarios, como de manera directa hacia mi trabajo: Dra. Esmeralda Matute, Dr. Sergio Meneses, Dr. Daniel Zarabozo, Dra. Julieta Ramos, Dr. Andrés Garrido, Dr. Jorge y Dra. Olga Inozemtseva.

Gracias a mis compañeros de laboratorio, por sus aportaciones, compañía y por la oportunidad de compartir: Dra. Claudia Amezcua, Francisco, Koral, Jorge, Mayra, Ricardo, Letty, Rossy, Marai, Enrique, Julio, Ivett Karina, Diego, David y Manuel.

A todas las adolescentes que, de manera generosa, me brindaron su tiempo y disponibilidad para realizar las evaluaciones necesarias para este estudio. A los padres de familia e instituciones que incondicionalmente me brindaron la oportunidad de acceder a ellos y realizar la presente investigación.

De manera especial un agradecimiento a la primera persona que creyó en mí y me permitió el acceso en la institución que dirige, con la finalidad de llevar a cabo las evaluaciones a adolescentes con TEPT, lo cual fue fundamental para continuar con el tema de interés de mi tesis: al Dr. Javier Álvaro Barriga Marín.

El presente trabajo fue realizado, con el apoyo del CONACYT, en el laboratorio de Correlación Electroencefalográfica y Conducta del Instituto de Neurociencias de la Universidad de Guadalajara.

RESUMEN

De acuerdo al DSM-IV (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, 1994), se considera que el trastorno por estrés postraumático (TEPT) se origina cuando la víctima experimenta, presencia, o es confrontada con un evento o eventos que involucran amenaza de muerte o serias lesiones o amenaza a su integridad física, a sí mismo o a otros. Uno de los eventos traumatizantes más común entre los niños y adolescentes, que pueden propiciar el desarrollo del TEPT, es el maltrato infantil, el cual incluye negligencia, abuso físico, abuso emocional y abuso sexual. El TEPT se ha relacionado con alteraciones en el eje hipotálamo-hipófisis-adrenal, con deficiencias en procesos cognoscitivos tales como atención, memoria y funciones ejecutivas, así como con alteraciones anatómicas y funcionales de áreas cerebrales como la corteza prefrontal, hipocampo, amígdala, cíngulo anterior y vermis cerebelar, principalmente. Una de las técnicas para evaluar la funcionalidad cerebral es el registro de la actividad electroencefalográfica (EEG) el cual permite, además de determinar los cambios de la actividad eléctrica cerebral, conocer el grado de acoplamiento o sincronía funcional entre dos estructuras cerebrales. Así, el objetivo del presente estudio fue determinar la correlación electroencefalográfica inter e intrahemisférica fronto-parietal durante la ejecución de Hanoi (TOH) y Wisconsin (WCST) en adolescentes femeninas con TEPT (debido a abuso sexual).

Participaron 14 adolescentes femeninas de 12 a 16 años clasificadas en dos grupos (7 en cada grupo): grupo 1 (grupo control) y grupo 2 (grupo con TEPT). Se efectuó el registro electroencefalográfico en las derivaciones Fp1, Fp2, F3, F4, P3 y P4 (de acuerdo al Sistema Internacional 10-20 de Jasper, 1958) en tres periodos: basal (5 minutos de EEG con ojos abiertos) durante la ejecución de Hanoi (aproximadamente 7 minutos) y durante la ejecución de Wisconsin (aproximadamente 7 minutos). Se comparó la correlación interhemisférica (entre zonas frontales [Fp1-Fp2 y F3-F4]) e intrahemisférica (derecha [Fp1-F3, Fp1-P3 y F3-P3] e izquierda [Fp2-F2, Fp2-P4 y F4-P4]) para las siguientes bandas: delta (de 1 a 3.5 Hz), theta (de 4 a 7.5 Hz), alfa1 (de 8 a 10.5 Hz), alfa2 (de 11 a 13.5 Hz), beta1 (de 14 a 19.5 Hz), beta2 (de 20 a 30.5 Hz) y gamma (31-60 Hz).

El desempeño general de los dos grupos durante la ejecución de las tareas Torres de Hanoi y Wisconsin fue prácticamente el mismo, sin embargo, el grupo con TEPT presentó además un mayor número de ejecuciones correctas en la tarea Wisconsin.

En los resultados de EEG, se pudo observar que el grupo control presentó una mayor correlación intrahemisférica frontopolar-parietal (distancias largas), así como una prevalencia de disminución de correlación, principalmente de bandas lentas, durante la ejecución de las tareas; mientras que el grupo con TEPT presentó una mayor correlación inter e intrahemisférica frontal (distancias cortas) así como un aumento de correlación de la mayoría de las bandas, destacando de manera importante la banda gamma, durante la ejecución de las tareas.

Los resultados conductuales del presente estudio podrían sugerir un índice de maduración más temprana de procesos cognoscitivos tal como la flexibilidad cognoscitiva del grupo con TEPT comparado con el grupo control. Asimismo, los resultados de correlación EEG podrían indicar que los dos grupos presentan una trayectoria de desarrollo diferente, destacándose, en el grupo con TEPT, una mayor correlación de diferentes bandas durante la ejecución de las tareas comparado con la condición basal, lo cual podría indicar un posible uso de más recursos cognoscitivos.

ABSTRACT

The DSM-IV (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, 1994) indicates that post-traumatic stress disorder (PTSD) occurs after a victim experiences, presents, or confronts, an event or events that involve the threat of death, serious injury or harm to her/his own physical integrity or that of others. One of the most common traumatic events among children and adolescents that can trigger development of PTSD is child abuse, including neglect, physical abuse, emotional abuse, and sexual abuse. PTSD has been associated with alterations in the hypothalamus-pituitary-adrenal axis that result in deficits in cognitive processes such as attention, memory, and executive functions, as well as anatomical and functional changes in such brain areas as the prefrontal cortex, hippocampus, amygdala, anterior cingulate and cerebellar vermis. One technique used to evaluate brain function is recording electroencephalographic activity (EEG), which also allows determination of changes in brain electrical activity and the degree of functional coupling, or synchrony, between two brain structures. Thus, the objective of this study was to determine the inter- and intrahemispheric fronto-parietal electroencephalographic correlation during execution of the Hanoi (TOH) and Wisconsin (WCST) tasks in female adolescents with PTSD (due to sexual abuse).

Fourteen female adolescents aged 12-to-16 years participated in this study. They were classified in two groups (7 per group): Group 1 (control) and Group 2 (PTSD). EEG recording was performed at the Fp1, Fp2, F3, F4, P3 and P4 leads (according to the International Jasper 10-20 System, 1958) in three periods: baseline (5 min of EEG with eyes open), during execution of the Hanoi task (approx.. 7 minutes) and during performance of the Wisconsin task (approx.. 7 minutes). Interhemispheric and intrahemispheric correlation (right [Fp1 -F3, Fp1 - F3- P3 and P3] and left [Fp2 -F2, Fp2 - F4- P4 and P4] were compared ([Fp1-Fp2 and F3-F4] between frontal areas for the following bands: delta (1-3.5 Hz), theta (4-7.5 Hz), alpha1 (8-10.5 Hz), alpha2 (11-13.5 Hz), beta1 (14-19.5 Hz), beta2 (20-30.5 Hz), and gamma (31-60 Hz).

Overall performance by the two groups during execution of the Hanoi and Wisconsin tasks was very similar, though the PTSD group had a higher number of correct executions on the Wisconsin task.

In the EEG results, the control group had a higher frontopolar-parietal intrahemispheric correlation (long distances) and a lower correlation, mainly in the slow bands, during execution of the tasks; whereas the PTSD group had a higher correlation in the inter- and intrahemispheric frontal (short distances) in most bands, especially gamma, during task execution.

It is likely that adolescents with PTSD experienced earlier maturation of certain cognitive processes, such as cognitive flexibility. The EEG correlation results show that the two groups had different patterns of development, and highlight a higher correlation in the PTSD group in different bands during task execution compared to baseline. This finding could be associated with the use of more brain resources to adequately perform the tasks.

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	3
Adolescencia	3
Maltrato infantil	4
Efectos del maltrato infantil.....	6
Efectos neurobiológicos.....	6
Efectos cognoscitivos, emocionales y psicopatológicos.....	9
Maltrato infantil y actividad EEG.....	13
Trastorno de estrés postraumático (TEPT).....	15
Prevalencia del TEPT	17
TEPT y su repercusión sobre el estado neurobiológico y funcional	19
Efectos del TEPT en el desarrollo a corto y largo plazo.....	27
La corteza prefrontal.....	29
Desarrollo de la corteza prefrontal.....	31
Conexiones anatómicas de las subregiones de la corteza prefrontal.....	32
Circuitos prefrontales.....	34
Funciones de la corteza prefrontal	36
Teorías de la función prefrontal	37
Síndromes prefrontales.....	38
Corteza parietal	40
Funciones de la corteza parietal	41
Conexiones de la corteza prefrontal y parietal y su papel en el control cognoscitivo	42
Funciones ejecutivas.....	46
Test de clasificación de tarjetas Wisconsin (WCST).....	53
Funciones ejecutivas que evalúa la prueba WCST.....	54
Torres de Hanoi (TOH).....	54
Funciones ejecutivas que evalúan las TOH.....	55
Funciones ejecutivas en la adolescencia.....	57
Eventos que pueden afectar el desarrollo normal de las funciones ejecutivas.....	65
TEPT y funciones cognoscitivas y ejecutivas.....	67

Electroencefalograma.....	73
Neurodesarrollo y actividad EEG.....	74
TEPT y actividad EEG.....	75
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	78
OBJETIVO GENERAL.....	80
Objetivos específicos.....	80
HIPÓTESIS.....	80
Hipótesis específicas.....	80
VARIABLES.....	81
MÉTODO.....	81
Participantes.....	81
Criterios de inclusión.....	82
Escala y pruebas aplicadas.....	82
Procedimiento.....	86
Registro electroencefalográfico.....	87
Aplicación de la prueba TOH.....	88
Parámetros medidos en la prueba TOH.....	88
Aplicación de la prueba WCST.....	89
Parámetros medidos en la prueba WCST.....	89
ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	90
RESULTADOS.....	91
Características generales de los grupos.....	92
Resultados de la ejecución de TOH.....	94
Resultados de la ejecución de WCST.....	94
Resultados de actividad EEG.....	95
DISCUSIÓN.....	107
CONCLUSIONES.....	118
REFERENCIAS.....	120
ANEXOS.....	155

INTRODUCCIÓN

El cerebro es el órgano que dirige desde las funciones más simples hasta las más complejas de los organismos. Se ha estipulado que tales funciones del cerebro están determinadas por factores genéticos y ambientales, por lo que determinados eventos a lo largo del desarrollo y maduración pueden afectar tanto su anatomía como su funcionalidad. En los últimos años se ha enfocado la atención en la influencia de ciertos acontecimientos psicológicamente traumatizantes, tales como el maltrato y en particular el abuso sexual, sobre la funcionalidad y anatomía del cerebro, así como sobre su desarrollo. El impacto de dichos acontecimientos se ha asociado con el desarrollo de una serie de desórdenes de la personalidad y de desordenes psicopatológicos, incluyendo el denominado “Trastorno por Estrés Postraumático” (TEPT), el cual se define, según la OMS (1992), como la respuesta tardía o diferida a un acontecimiento estresante o a una situación (breve o duradera) de naturaleza excepcionalmente amenazante o catastrófica.

Actualmente, existen estudios que afirman que las personas que presentan TEPT presentan deterioros en el funcionamiento cognoscitivo, encontrándose, por ejemplo, deficiencias en la atención, memoria, aprendizaje y ciertos procesos relacionados con las funciones ejecutivas. Con respecto a los estudios que han evaluado la actividad electroencefalográfica (EEG) en personas con TEPT, los resultados no han sido consistentes, debido, entre otras cosas quizá, a que éstos han sido escasos. Por otro lado, algunos estudios, que han utilizado la resonancia magnética y la tomografía por emisión de positrones, han observado una reducción del volumen hipocampal, del cuerpo calloso (Andersen, Tomada, Vincow, Valente & Polca, 2008), una actividad neuronal reducida en el vermis cerebelar (Anderson, Teicher, Polcari & Renshaw, 2002) y una alteración de la activación del polo temporal anterior, de la amígdala, del hipocampo y de diversas subregiones prefrontales durante la memoria de los acontecimientos traumáticos (Kilts, Astin, Gross, Ely, & Rothbaum, 2005; Bremner et al, 1995). Entre las regiones cerebrales mencionadas anteriormente, se ha demostrado que la corteza prefrontal (CPF) juega un papel importante en la modulación de las funciones cognoscitivas superiores del ser humano (Luria, 1966), tales como las funciones ejecutivas, las cuales implican a todas aquellas actividades propositivas dirigidas a una meta y que requieren de diferentes

procesos tales como la inhibición, atención, memoria de trabajo, flexibilidad cognoscitiva, entre otras (Stuss & Alexander, 2000). La participación de las CPF en las funciones mencionadas no es exclusiva, sino que requiere de conexiones con zonas subcorticales (estriado, amígdala, hipocampo, etc.) y con zonas corticales tales como las regiones parietales y temporales.

Para evaluar las funciones ejecutivas, se han utilizado diferentes pruebas neuropsicológicas, tal es el caso de las Torres de Hanoi, la cual se utiliza para evaluar funciones visoespaciales y funciones ejecutivas, así como la prueba Wisconsin, ampliamente utilizada para evaluar la flexibilidad cognoscitiva. Dichas pruebas han permitido evaluar las capacidades ejecutivas en pacientes con diversos trastornos, así como diferenciar tales habilidades por género, rango de edad, etc. Aunado a las pruebas neuropsicológicas, se han utilizado diferentes técnicas para determinar la funcionalidad cerebral, tal es el caso de las técnicas de imagenología y del electroencefalograma. Así, se ha demostrado que durante la ejecución de pruebas neuropsicológicas hombres jóvenes presentan un grado de acoplamiento funcional característico entre la corteza prefrontal y áreas corticales posteriores.

Ya que se ha demostrado que personas que desarrollan TEPT presentan cambios en la anatomía y funcionamiento cerebral, así como deficiencias en tareas que implican funciones ejecutivas, el interés del presente trabajo está centrado en determinar si las adolescentes femeninas con TEPT presentan deficiencias en la ejecución de las Torres de Hanoi y Wisconsin, y si tales deficiencias se asocian con patrones específicos de correlación electroencefalográfica durante la resolución de tales tareas ejecutivas.

ANTECEDENTES

Adolescencia

Para la Organización Mundial de la Salud, la adolescencia es el período comprendido entre los 10 y 19 años y está comprendida dentro del período de la juventud -entre los 10 y los 24 años-. La pubertad o adolescencia inicial es la primera fase, comienza normalmente a los 10 años en las niñas y a los 11 en los niños y llega hasta los 14-15 años. La adolescencia media y tardía se extiende, hasta los 19 años.

El crecimiento y la maduración del ser humano son procesos continuos y las transiciones desde la niñez a la edad adulta no son bruscas; el periodo de la adolescencia comprende cambios rápidos del crecimiento físico y maduración, así como el desarrollo psicosocial. Este periodo también se caracteriza por el alto riesgo de enfermedades de transmisión sexual, embarazo y lesiones accidentales e intencionales (OMS, 1977). De acuerdo a lo anterior, la adolescencia es esencialmente una época de cambios. Trae consigo enormes variaciones físicas y emocionales, transformando al niño en adulto y en ella se define la personalidad, se construye la independencia, se fortalece la autoafirmación y se comienza a construir un mundo nuevo y propio.

México cuenta con un total de 12.8 millones de adolescentes entre 12 y 17 años de edad en 2009, de los cuales 6.3 son mujeres y 6.5 son hombres. En el 2008 casi 3 millones de adolescentes entre 12 y 17 años no asistían a la escuela. Del total de niños y jóvenes que no asistían a la escuela, correspondían a este grupo de edad 48.6% de hombres y 44.1% de mujeres. Entre las razones por las cuales los adolescentes dejan de ir a la escuela están la baja calidad de la educación, especialmente en las escuelas públicas, la discriminación que muchos jóvenes enfrentan, la falta de oportunidades y de oferta educativa, así como la necesidad de trabajar. La orientación callejera, la curiosidad y la presión social también propician que muchos adolescentes contraigan adicciones al alcohol, al tabaco y a los estupefacientes, lo que constituye un grave problema que es cada vez mayor en México. Casi tres millones (aproximadamente uno de cada tres varones y una de cada ocho chicas) de este grupo de edad trabajan. Esta situación es más severa si sólo se considera a los adolescentes que no estudian (dos de cada tres varones y una de cada tres chicas). Su bajo

nivel de educación en muchos casos los obliga a aceptar trabajos mal pagados, peligrosos o incluso en condiciones de explotación. Dicha explotación se torna aún más violenta cuando se trata de la explotación sexual comercial. Se estima que en México 16,000 adolescentes, en su gran mayoría niñas, son víctimas de este delito (UNICEF, 2011).

La falta de orientación y de oportunidades también se refleja en el alto número de adolescentes que mueren cada año en México por accidentes de tránsito, homicidios y suicidios. Según los datos oficiales, éstas son las tres principales causas de muerte entre los jóvenes de 12 a 17 años de edad en México. En el 2007, morían diariamente tres adolescentes por accidentes de tránsito; cada semana eran asesinados ocho jóvenes y ocho cometían suicidio (UNICEF, 2011).

De acuerdo a lo anterior, se puede afirmar que entre las condiciones adversas en las cuales una gran cantidad de niños y adolescentes se encuentran en nuestro país, se considera, de manera, importante el maltrato infantil.

Maltrato infantil

Una de las limitaciones fundamentales para el estudio, tratamiento o incluso consideraciones judiciales sobre el maltrato infantil es la falta de una definición consensual o universal. Una de estas definiciones de maltrato infantil fue realizada por Mesa-Gresa & Moya-Albiol (2002), los cuales consideran que éste incluye tanto la falta de atención adecuada (negligencia o abandono), como los hechos que lesionan la salud física del menor (maltrato físico o abuso sexual), así como las acciones que atentan contra su salud mental (maltrato psicológico). De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2013) el maltrato infantil se define como los abusos y la desatención de que son objeto los menores de 18 años, e incluye todos los tipos de maltrato físico o psicológico, abuso sexual, desatención, negligencia y explotación comercial o de otro tipo que causen o puedan causar un daño a la salud, desarrollo o dignidad del niño, o poner en peligro su supervivencia, en el contexto de una relación de responsabilidad, confianza o poder. La exposición a la violencia de pareja también se incluye a veces entre las formas de maltrato infantil.

De manera general, el maltrato infantil incluye negligencia, abuso físico, abuso sexual y abuso emocional o psicológico (De Bellis & Tomas, 2003). Mesa-Gresa & Moya-Albiol (2002) definen los principales tipos de maltrato de la siguiente manera:

A) *Maltrato físico*. Se define como toda acción no accidental por parte de los padres o cuidadores que provoque daño físico o enfermedad en el niño o lo ponga en riesgo de padecerlos. B) *Abuso sexual*. Es cualquier clase de contacto sexual con una persona menor de 18 años por parte de un adulto desde una posición de poder o autoridad. Se puede clasificar en función del tipo de contacto sexual, y en función de la relación que existe entre la víctima y el ofensor, de manera que se diferencia entre incesto y violación. Asimismo la mayoría de las definiciones de abuso sexual infantil establecen dos criterios básicos para identificar el abuso: a) la coerción, dado que el agresor utiliza la situación de poder que tiene para interactuar sexualmente con el menor y, b) la asimetría de edad, ya que el agresor debe ser significativamente mayor que la víctima, aunque no necesariamente mayor de edad (Horno & Santos, 2001). C) *Maltrato emocional o psicológico*. Se refiere a formas de hostilidad verbal crónica como insultos, desprecios, críticas o amenazas de abandono, así como al constante bloqueo de las iniciativas de interacción infantiles (desde la evitación hasta el encierro) por parte de cualquier adulto del grupo familiar, e incluye formas de atemorizar, humillar o rechazar a los menores (Cicchetti & Toth). D) *Negligencia*. Se refiere al maltrato por omisión, cuyo caso extremo es el abandono. Los diversos tipos de negligencia son: la negligencia física, la negligencia médica, la negligencia emocional y la negligencia educacional (De Bellis, 2005).

Por otro lado, desde la perspectiva de la socialización, el maltrato infantil se considera no como un fenómeno social aislado o como el resultado de desórdenes psicológicos de los padres, sino, más bien, como el producto de prácticas de socialización que aprueban el uso de la violencia y de técnicas de poder asertivo con los hijos (Gracia, 2002; LaRose & Wolfe, 1987; Trickett y Susman, 1988; Rogosch, Cicchetti, Shields y Toth, 1995). De acuerdo a lo anterior, por ejemplo en nuestro país hay entidades como Guanajuato, Michoacán, Tamaulipas, Durango, Puebla y Sinaloa que omiten tipificar como delito este tipo de violencia. Mientras que en Jalisco, los padres o personas que ejercen la patria potestad sobre menores tienen derecho a infligirles lesiones siempre y cuando tengan

una finalidad correctiva, de acuerdo con el artículo 211 del Código Penal de la entidad. Asimismo en el título octavo, capítulo I, artículo 580 del Código Civil del estado se precisa que la patria potestad confiere el derecho y deber de aplicar corrección de forma moderada con el fin de educar en forma armónica y positiva (Cortés, 2009).

Con respecto a las estadísticas del maltrato infantil, la OMS (2013) considera, de acuerdo a estudios internacionales, que aproximadamente un 20% de las mujeres y un 5 a 10% de los hombres manifiestan haber sufrido abusos sexuales en la infancia, mientras que un 25 a 50% de los niños de ambos sexos refieren maltratos físicos. Además, muchos niños son objeto de maltrato psicológico (también llamado maltrato emocional) y víctimas de desatención. Se calcula que cada año mueren por homicidio 31 000 menores de 15 años. En nuestro estado de Jalisco, en atenciones ofrecidas por el Hospital Civil Juan I. Menchaca en el área de Urgencias Pediátricas, se reportaron en los dos últimos años 1 217 atenciones a niños maltratados. El Dr. Javier Álvaro Barriga Marín, Jefe del Servicio de Urgencias Pediátricas y Coordinador del Grupo Multidisciplinario a niños víctimas de Maltrato del Hospital Civil de Guadalajara, “Dr. Juan I. Menchaca” informa que se ha incrementado el número de casos reportados de maltrato infantil del 2007 a la fecha. Del total de casos en el 2011, hubo 42 reportes de maltrato físico, 225 casos de maltrato fetal, 56 menores presentaron maltrato psicológico, 234 casos de negligencia u omisión de cuidados, 66 de abuso sexual, un niño con síndrome del zarandeo o del “niño zarandeado”, 38 casos por violencia intrafamiliar y 147 casos de maltrato combinado (agresión física y alguna otra manifestación de violencia); mientras que el Instituto Jalisciense de Ciencias Forenses de Jalisco, durante el 2012 registró 329 decesos de menores de cero a 17 años, y en los dos primeros meses del 2013 se han registrado 48 fallecimientos de menores de edad (Bareño D. R., 2013).

Efectos del maltrato infantil

Efectos neurobiológicos

El cerebro humano contiene billones de neuronas y trillones de interconexiones sinápticas. Los genes indican la arquitectura básica, pero la información genética es insuficiente para detallar las conexiones específicas. Los patrones finales de forma y conexiones son

esculpidos por la experiencia (Teicher, Andersen, Polcari, Anderson & Navalta 2002). El maltrato a una edad temprana ha sido considerado como una de las experiencias traumáticas o de estrés crónico que puede afectar al cerebro tanto anatómicamente como funcionalmente (Lee & Hoaken, 2007).

Con respecto a lo anterior, Teicher et al. (2002) realizaron un “modelo cascada” para explicar el efecto de la exposición al estrés a edades tempranas. *Primero*, la exposición al estrés a edades tempranas activa los sistemas de respuesta al estrés y fundamentalmente altera su organización molecular, modificando su sensibilidad y vías de respuesta. *Segundo*, la exposición del cerebro en desarrollo a las hormonas del estrés, afecta la mielinización, morfología neural, neurogénesis y sinaptogénesis. *Tercero*, diferentes regiones cerebrales difieren en su sensibilidad, lo cual depende, en parte, de aspectos genéticos, género, sincronización, velocidad del desarrollo y densidad de los receptores de glucocorticoides. *Cuarto*, hay consecuencias funcionales permanentes que incluyen un desarrollo atenuado del hemisferio izquierdo, integración decrementada de los hemisferios izquierdo-derecho, incrementada actividad eléctrica en los circuitos límbicos, y actividad funcional disminuida del vermis cerebelar. *Quinto*, lo anterior mencionado se ha asociado con consecuencias y vulnerabilidad neuropsiquiátrica, que conducen a un mayor riesgo para desarrollar estrés postraumático (TEPT), depresión, desorden de personalidad límite, desorden de identidad disociativa y abuso de sustancias.

Con respecto a la vulnerabilidad de algunas áreas cerebrales al estrés, se han considerado de manera especial, las siguientes:

Hipocampo. Algunos estudios han demostrado una marcada vulnerabilidad del hipocampo al estrés (Gould & Tanapat, 1999; Sapolsky, Uno, Rebert & Finch, 1990). Esta región cerebral tiene una ontogenia prolongada y una alta densidad de receptores a glucocorticoides (Patel, Lopez, Lyons, Burke, Wallace & Schatzberg, 2000; Sapolsky R. M., McEwen B. S. & Rainbow T. C., 1983) y una persistente neurogénesis posnatal (Gould & Tanapat, 1999). Algunos estudios realizados con el objetivo de analizar el efecto del abuso durante la infancia en el hipocampo han aportado diversos resultados. Por ejemplo Bremner et al. (1997) y Stein (1997) reportaron una reducción en el volumen hipocámpal izquierdo en adultos con trauma durante la infancia y actual diagnóstico de TEPT o

trastorno disociativo. Mientras que De Bellis, Keshavan, Clark, Casey, Giedd, Boring et al. (1999) y Carrión, Weems, Eliez, Patwardhan, Brown, Ray, et al. (2001) no encontraron diferencias significativas entre el grupo que había experimentado abuso comparado con el grupo control.

Amígdala. El estrés temprano produce una alteración permanente en la composición del complejo GABA-A supramolecular en la amígdala (Caldji, Francis, Sharma, Plotsky & Meaney, 2000), reduciendo subsecuentemente la densidad de los receptores centrales a benzodiazepinas y receptores GABA-A de alta afinidad (Caldji et al., 2000; Caldji, Tannenbaum, Sharma, Francis, Plotsky, & Meaney, 1998). Además, el estrés incrementa los niveles de dopamina y atenúa los niveles de serotonina en la amígdala y el núcleo accumbens (Jones, Hernandez, Kendall, Marsden & Robbins, 1992; Matthews, Dalley, Matthews, Tsai & Robbins, 2001; Teicher & Andersen, 1995). Bremner et al. (1997), Stein (1997) y De Bellis et al. (1999) no encontraron diferencias significativas en el volumen de la amígdala de sujetos con abuso comparada con controles. Sin embargo, Driessen, Herrmann, Stahl, Zwaan, Meier, Hill, et al. (2000) reportaron un 8% de reducción en el volume amigdaloides bilateral en mujeres con historia de abuso.

Cuerpo calloso e integración interhemisférica. Las regiones mielinizadas del cuerpo calloso son potencialmente susceptibles al impacto de la exposición temprana al estrés o a altos niveles de hormonas del estrés, lo cual suprime la división de células gliales, lo cual es crítico para la mielinización (Lauder, 1983). Teicher, Ito, Glod, Andersen, Dumont, Ackerman (1997) y De Bellis et al. (1999) encontraron una reducción del cuerpo calloso en el grupo de niños con historia de abuso comparados con controles.

Vermis cerebelar. Esta región cerebral tiene una alta densidad de receptores de glucocorticoides durante el desarrollo, excediendo incluso al hipocampo (Lawson, Ahima, Krozowski & Harlan, 1992) y debe ser particularmente vulnerable a los efectos de las hormonas del estrés (Ferguson & Holson, 1999; Schapiro, 1971). Anderson, Teicher, Polcari & Renshaw (2002) encontraron que los sujetos con historia de abuso sexual presentaron un menor volumen sanguíneo en el vermis cerebelar comparados con sujetos control.

Corteza prefrontal. El estrés crónico durante el desarrollo cerebral o en la infancia debe tener un efecto de forma particular en la estructura de la CPF y su función en la adultez. Los cambios dendríticos pueden ocurrir *in útero* cuando la madre es expuesta a estrés. Por ejemplo, las ratas cachorro expuestas a deprivación materna extensa perdurable muestran retractación dendrítica en la CPF y una ansiedad incrementada. Por el contrario, la exposición a un estrés moderado, por ejemplo cuando un mono juvenil aprende que la madre regresará después de un corto periodo de tiempo de separación, parece animar respuestas flexibles al estrés en la adultez y reduce la expresión de receptores a glucocorticoides en la CPF dorsolateral. Se han mostrado efectos similares en ratas en las cuales el estrés moderado en su vida temprana promueve la flexibilidad, mientras que estresores más severos exacerbaban la respuesta al estrés en su vida posterior. Los cambios *in utero* y durante la infancia probablemente contribuyen a la susceptibilidad para enfermedades mentales que emergen durante la adolescencia y la adultez (Lupien, McEwen, Gunnar & Heim, 2009).

Los cambios dendríticos en la CPF gradualmente se invierten cuando el estrés es abatido. Como en el caso del estrés agudo, la CPF parece ser particularmente sensible a cambios arquitectónicos inducidos por estrés crónico comparado con otras regiones cerebrales. Mientras los cambios estructurales en el hipocampo requiere varias semanas de exposición al estrés, las dendritas de la CPF comienzan a cambiar después de sólo una semana de estrés o posiblemente incluso después de una sola exposición (Izquierdo, Wellman & Colmes, 2006).

Efectos cognoscitivos, emocionales y psicopatológicos

La exposición crónica a las hormonas del estrés, que ocurren en cualquier etapa de la vida: durante el periodo prenatal, en la infancia, en la adolescencia, en la adultez o en la ancianidad, tiene un impacto en las estructuras del cerebro involucradas en la cognición y la salud mental. Sin embargo, los efectos específicos en el cerebro, conducta y cognición, emergen como una función de elección de acuerdo a la edad y la duración de la exposición, además, en muchas ocasiones también depende de la interacción entre efectos genéticos y la exposición previa a la adversidad ambiental (Lupien et al., 2009).

De forma específica, los estudios en adolescentes humanos han sugerido que este periodo está asociado con una elevación basal y actividad inducida por estrés del eje hipotálamo-hipófisis. Esto debe ser relacionado a los cambios dramáticos en los niveles de esteroides sexuales durante este periodo, ya que esos esteroides influyen en la actividad del eje hipotálamo-hipófisis. Recientes estudios en la ontogenia de la expresión de mineralocorticoides y glucocorticoides muestran que los niveles del RNAm de los glucocorticoides en la corteza prefrontal son altos en la adolescencia y en la adultez tardía comparada con la infancia, adultez joven y senectud. Esto sugiere que los procesos cognitivos y emocionales que son regulados por estas áreas cerebrales deben ser sensibles a la regulación mediada por los glucocorticoides en una forma dependiente de la edad. Varias formas de psicopatología, incluyendo la depresión y la ansiedad incrementan su prevalencia en la adolescencia. Los periodos de elevación del estrés comúnmente preceden al primer episodio de esos desordenes, surgiendo la posibilidad de una elevación de la reactividad del eje hipotálamo-hipófisis durante la adolescencia, incrementando la sensibilidad al inicio de desordenes mentales relacionados con el estrés (Lupien et al., 2009).

Aunque el estrés en la vida temprana deteriora el desarrollo hipocampal en roedores, actualmente hay poca evidencia de efectos comparables en humanos. Los niños expuestos a temprano abuso físico o psicológico no exhiben volumen reducido de hipocampo (relativo al tamaño completo del cerebro) como los adolescentes, aunque los adultos con historias de abuso sexual si muestran tales reducciones. Estos hallazgos se sostienen incluso cuando los niños abusados han sido seleccionados por el TEPT, e incluso en aquellos casos en los que se exhiben reducciones generales en el volumen del cerebro. Por el contrario, se han reportado alteraciones en el volumen de la materia gris y la integridad neuronal de la corteza frontal, y el tamaño reducido de la corteza del cíngulo anterior en adolescentes expuestos a temprano y continuo abuso (Lupien et al, 2009).

Por otro lado, actualmente existen diferentes posturas con respecto a los efectos del maltrato infantil en general (como concepto unificado) versus los efectos de cada uno de los tipos de maltrato. Así, por ejemplo, hay autores que consideran que es más significativo el grado de maltrato (frecuencia y/o severidad) que el tipo del mismo (Higgins, 2004). Mientras que otros consideran que existen diferencias importantes entre los efectos de cada

uno de los tipos de maltrato. Algunos estudios se han dirigido a estudiar sólo un tipo de maltrato, otros incluyen en sus estudios diversos tipos de maltrato como un grupo homogéneo, mientras que otros han realizado comparaciones entre los mismos. Los que han estudiado al maltrato infantil de manera general consideran que los niños y adolescentes víctimas de maltrato experimentan altas tasas de síntomas de TEPT, depresión, pensamientos y conductas suicidas, agresión, conductas antisociales, y deficiencias cognitivas (De Bellis, 2001). Asimismo algunos investigadores han considerado la presencia de una psicopatología, tal como el TEPT, aunque esta sea consecuencia de diferentes tipos de eventos traumáticos, para considerar la homogeneidad de un grupo, por ejemplo Moradi, Doost, Taghavi, Yule & Dalgleish, (1999) evaluaron 18 niños y adolescentes con TEPT entre 11 y 17 años (8 niños y 10 niñas, todos habían estado involucrados en accidentes de tráfico o en incidentes de violencia personal) y 22 sujetos control. Todos los sujetos con TEPT mostraron una peor ejecución en las pruebas de memoria en general comparado con controles. Entre los estudios que consideran efectos diferentes entre diversos tipos de maltrato destaca, por ejemplo, uno realizado por Mullen, Martin, Anderson, Romans & Herbison (1996), quienes encontraron que el abuso sexual se asoció más con problemas sexuales, el abuso emocional con baja autoestima, y el abuso físico con ruptura marital. Por su parte Carlin, Kemper, Ward, Sowell, Gustafson, & Stevens (1994) encontraron que, a largo plazo, los diferentes tipos de maltrato tienen las siguientes consecuencias: *abuso sexual*.- salud mental más pobre, historias de desordenes de alimentación y depresión, más posibilidades de tomar bebidas embriagantes a dosis peligrosas, más riesgo de tener intentos de suicidio en sus vidas, mayor cantidad de tiempo en hospitales psiquiátricos, más problemas sexuales, matrimonios a más temprana edad, tener su primer embarazo antes e los 19 años, pobre autoestima en la edad adulta, un decline en el estatus socioeconómico y menor éxito escolar. *Abuso físico*.- problemas de salud mental, desordenes de alimentación, enfermedades depresivas e intentos de suicidio, problemas sexuales, sus matrimonios terminaban más comúnmente en divorcio o separación, baja autoestima, bajo estatus socioeconómico y problemas para graduarse de la escuela. *Abuso emocional*.- tenían índices significativos de enfermedades mentales tales como desordenes de alimentación, enfermedades depresivas, conductas suicidas y mayor

probabilidad de ser pacientes psiquiátricos, problemas sexuales, considerar a su pareja actual como indiferente o intrusiva, embarazos precoces y rupturas matrimoniales y pobre autoestima. Aun cuando la mayor parte de consecuencias fueron las mismas para cada uno de los tipos de maltrato, había algunas que fueron particulares para cada uno de estos. Edwards, Holden, Felitti, Anda & (2003) encontraron que tanto el abuso emocional en el ambiente familiar durante la infancia como la interacción de este con varios tipos de maltrato tuvieron un efecto significativo en los puntajes de salud mental, con una alta probabilidad de desarrollar desórdenes psiquiátricos. Por otro lado algunos estudios han considerado que las consecuencias del maltrato infantil no siempre son evidentes o diagnosticables de manera inmediata. Por ejemplo Noll, Shenk, Yeh, Ji, Putnam & Trickett (2010) realizaron un estudio con el objetivo de evaluar si la experiencia de abuso sexual en la infancia está asociado con la adquisición de lenguaje receptivo y deficiencias en logros educativos en mujeres. Evaluaron, a través de 18 años, mujeres con sostenido abuso sexual familiar (n=84) comparadas con un grupo no abusado (n=102). Se evaluó la habilidad de lenguaje receptivo por 6 ocasiones a través de distintas etapas del desarrollo, incluyendo infancia, adolescencia, y adultez joven. Asimismo de evaluaron las tasas de logros educativos totales. Un modelo jerárquico lineal reveló que el lenguaje receptivo no difirió entre los grupos en la evaluación inicial durante la infancia. Sin embargo se observó una interacción significativa grupo x tiempo a través del desarrollo, en donde las mujeres abusadas 1) adquirieron el lenguaje receptivo en una tasa significativamente más lenta a través del desarrollo y 2) lograron un menor nivel de eficacia general. Las diferencias significativas en los puntajes de lenguaje receptivo emergieron a mitad de la adolescencia. Además, las mujeres abusadas reportaron de manera significativa menores tasas de graduación en la preparatoria y menores logros educativos comparadas con el grupo control.

Por otro lado, estudios reportan que mucha gente es resiliente a diversos eventos traumáticos. La resiliencia se refiere a la habilidad de la persona para adaptarse exitosamente al estrés agudo, traumas u otras formas más crónicas de adversidad. Un individuo resiliente, por lo tanto, ha sido probado por la adversidad y continua demostrando respuestas adaptativas al estrés psicológico y fisiológico o “alostasis psicobiológico”

(McEwen, 2003; Charney, 2004). Recientes estudios han comenzado a identificar los mecanismos ambientales, genéticos, epigenéticos y neurales que subyacen la resiliencia, y han mostrado que la resiliencia es mediada por cambios adaptativos en varios circuitos neurales involucrando numerosas vías moleculares y de neurotransmisores. Estos cambios forman el funcionamiento de los circuitos neurales que regulan la recompensa, miedo, reactividad emocional y conducta social, los cuales en conjunto se ha pensado median el afrontamiento exitoso del estrés. Por ejemplo, en varios modelos animales y en algunos estudios con humanos, la resiliencia se ha asociado con una rápida activación de la respuestas al estrés y su eficiente terminación (de Kloet, Joels, & Holsboer, 2005). La resiliencia está asociada con la capacidad de restringir los incrementos inducidos por el estrés de la hormona liberadora de corticotropina y del cortisol, a través de un elaborado sistema de retroalimentación negativa, involucrando una optima función y balance de los receptores a los glucocorticoides y mineralocorticoides (deKloet et al., 2005).

Maltrato infantil y actividad EEG

Actualmente son escasos los estudios que han utilizado la actividad EEG como herramienta para evaluar los efectos del maltrato infantil. Uno de estos estudios fue realizado por Miskovic, Schmidt, Georgiades, Boyle, & MacMillan (2009) quienes examinaron dos marcadores biológicos bien documentados de vulnerabilidad al estrés (asimetría de actividad EEG frontal en reposo y tono vagal cardiaco) en un grupo de adolescentes femeninas expuestas a maltrato infantil (n=38, promedio de edad de 14.47) pareadas con adolescentes no maltratadas (n=25, con promedio de edad de 14 años). La actividad EEG fue registrada en las regiones F3, F4, C3, C4, O1 y O2 para la banda alfa. Encontraron que las adolescentes maltratadas exhibieron mayor actividad EEG relativa frontal y bajo tono vagal cardiaco comparadas con las controles a través de un periodo de 6 meses, sugiriendo que los correlatos neurobiológicos de maltrato no deben reflejar alteraciones dinámicas o a corto plazo, sino alteraciones duraderas. Por su parte Ito, Teicher, Glod & Ackerman (1998) realizaron un estudio con el objetivo de investigar el desarrollo cortical y asimetría hemisférica en niños abusados. Utilizando actividad EEG cuantitativo se estudiaron 15 niños hospitalizados con un promedio de edad de 10.7 ± 2.5 años de edad con severo abuso

físico o sexual y 15 niños normales con una edad promedio de 10.1 ± 3.1 años de edad. Los niños abusados presentaron mayores niveles de coherencia del hemisferio izquierdo comparada con el hemisferio izquierdo. La coherencia del hemisferio izquierdo decreció más rápidamente a través de la distancia de electrodos en sujetos normales. Los autores consideran que una mayor coherencia en el hemisferio izquierdo en pacientes abusados puede estimarse como una deficiencia en la diferenciación cortical izquierda. Asimismo Miskovic, Schmidt, Georgiades, Boyle & Macmillan (2010) realizaron un estudio en el que examinaron la relación entre la adversidad temprana, conectividad cerebral y las consecuencias funcionales. Realizaron registros de actividad EEG y examinaron la coherencia intrahemisférica en los pares de derivaciones izquierdas F3-C3, F3-P3, F3-O1, C3-P3, C3-O1 y P3-O1 y derechas F4-C4, F4-P4, F4-O2, C4-P4, C4-O2 y P4-O2, así como la coherencia interhemisférica en los pares de derivaciones F3-F4, C3-C4, P3-P4, O1-O2, considerando la banda alfa (7.5-12.5 Hz); asimismo realizaron medidas de diagnóstico psiquiátrico general de un grupo de 38 adolescentes femeninas expuestas a maltrato durante la infancia (edad promedio de 14.47 años) y 24 adolescentes femeninas no expuestas a maltrato infantil (edad promedio de 14 años). Las adolescentes maltratadas no estaban hospitalizadas y habían estado expuestas a diferentes tipos de maltrato incluyendo abuso físico, emocional y sexual y negligencia. Al igual que en el estudio de Ito et al. (1998) las jóvenes maltratadas exhibieron mayor coherencia de actividad EEG en el hemisferio izquierdo comparadas con las control en las áreas frontales, centrales y parietales, sugiriendo una organización subóptima de las redes corticales. Las participantes maltratadas también mostraron una reducida coherencia interhemisférica frontal (anterior) y una mayor coherencia interhemisférica centro-parietal. Estas diferencias en la circuitería cerebral permanecieron estadísticamente significativas aún controlando diferencias en el estatus puberal y socioeconómico. Las medidas de conectividad cerebral se asociaron con varios subtipos de abuso y negligencia. Encontraron además una asociación no significativa entre maltrato infantil y deterioro psiquiátrico y una asociación significativa con la coherencia de actividad EEG del hemisferio izquierdo.

Considerando que uno de los trastornos psicopatológicos más frecuentes en las personas que han experimentado maltrato es el TEPT, a continuación abordaremos información sobre éste de forma más detallada.

Trastorno de Estrés Postraumático (TEPT)

De acuerdo a la OMS (1992), el TEPT es definido como una “respuesta tardía o diferida a un acontecimiento estresante o a una situación (breve o duradera) de naturaleza excepcionalmente amenazante o catastrófica. Por su parte Azcárate (2007) define a este trastorno de la siguiente manera: el trastorno de estrés postraumático (TEPT) es un trastorno de ansiedad que una persona puede desarrollar después de experimentar o ser testigo de un suceso traumático extremo durante el cual siente un miedo intenso, desesperanza u horror. Las características dominantes del TEPT son entumecimiento emocional, hipervigilancia (irritabilidad o alerta constante de peligro) y re-experimentación del trauma (*flashbacks* y emociones intrusivas).

Los eventos traumáticos se clasifican comúnmente en:

- Abuso*: mental, físico, sexual, verbal o modal.
- *Catástrofe*: accidentes, desastres naturales, terrorismo.
- Ataque violento*: asalto, maltrato y violencia doméstica, violación.
- Guerra, batalla y combate*: muerte, explosión, disparos.

Clasificación general:

Hay tres tipos de TEPT:

- 1.- *Agudo*: los síntomas duran menos de 3 meses.
- 2.- *Crónico*: los síntomas duran 3 meses o más.
- 3.- *De inicio demorado*: Los síntomas aparecen al menos 6 meses después del suceso traumático (Azcárate, 2007).

Por otro lado, para entender qué consecuencias tiene un trauma, primero debemos definir tal término. Hay mucha controversia sobre cómo se define un evento traumático. El primer estudio con sobrevivientes de un trauma derivó de trabajos con víctimas de desastres, veteranos de combate y sobrevivientes del Holocausto (política de exterminio

hacia los judíos por parte de los nazis) y en tales casos los eventos traumáticos son usualmente bien definidos y representan experiencias de terror, exposición a atrocidades o el miedo a la muerte inminente. De hecho, para obtener un diagnóstico formal del “trastorno de estrés postraumático” (TEPT) de acuerdo al Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-IV, 1994), *la víctima tiene que experimentar, presenciar, o haber sido confrontado con un evento o eventos que involucran amenaza de muerte o serias lesiones o amenaza a su integridad física, a sí mismo o a otros*. Las características más específicas son las siguientes:

La persona ha estado expuesta a un acontecimiento traumático, el cual es reexperimentado persistentemente a través de recuerdos del acontecimiento recurrentes e intrusos que provocan malestar y en los que se incluyen imágenes, pensamientos o percepciones; sueños de carácter recurrente sobre el acontecimiento, que producen malestar; el individuo actúa o tiene la sensación de que el acontecimiento traumático está ocurriendo; se presenta un malestar psicológico intenso al exponerse a estímulos internos o externos que simbolizan o recuerdan un aspecto del acontecimiento traumático; y se presentan respuestas fisiológicas al exponerse a estímulos internos o externos que simbolizan o recuerdan un aspecto del acontecimiento traumático. Además, se exhibe una evitación persistente de estímulos asociados al trauma y embotamiento de la reactividad general del individuo (ausente antes del trauma). También se presentan síntomas persistentes de aumento de la activación (arousal) (ausente antes del trauma); las alteraciones mencionadas se prolongan más de 1 mes, las cuales provocan malestar clínico significativo o deterioro social, laboral o de otras áreas importantes de la actividad del individuo (para verificar las características de este trastorno de forma más detallada de acuerdo al DSM-IV, ver en anexos).

Lo anterior describe ciertamente la situación de muchas víctimas de asalto sexual, particularmente violación. Aún cuando los niños, víctimas de abuso sexual, o la pareja violada no reporten un miedo inminente a la muerte o amenaza a la integridad física, se sabe que tales eventos de abuso sexual y/o cualquier tipo de amenaza son de las experiencias más traumatizantes que pueden experimentarse (Bloom, 2003).

Terr (1990), psiquiatra que hizo el primer estudio longitudinal en niños traumatizados, describe de manera objetiva este evento: “el trauma físico ocurre cuando un golpe emocional inesperado, abrumador e intenso o una serie de golpes físicos asalta a la persona de manera externa. Los eventos traumáticos son externos, pero rápidamente se incorporan dentro de la mente”.

Para poder explicar en base a datos clínicos bien establecidos la magnitud y por tanto el impacto que ejercen los eventos traumatizantes en los individuos, se debe recurrir a determinar las características objetivas del evento por sí mismo - ¿cómo ocurrió?, ¿cuánto duró el evento?, ¿qué tan impactante o malo fue?, ¿cuánto daño hizo?, ¿quién lo hizo y con qué intención?, ¿qué tanta amenaza a la vida estuvo involucrada?, ¿qué tanta exposición a la muerte y destrucción hubo?. Aún cuando la medición de estos parámetros representa cierto grado de dificultad, su consideración ha servido para obtener un panorama general del efecto provocado por los eventos psicológicamente traumatizantes (Bloom, 2003).

Por otro lado, en los niños y adolescentes, los síntomas de TEPT pueden presentarse de diferentes formas entre las que se incluye un comportamiento desestructurado o agitado y presentarse con síntomas físicos o sueños terroríficos o pesadillas, conductas repetitivas, juegos simbólicos de los sucesos traumáticos como expresión de la reexperimentación del suceso (Dyregrow & Yule, 2006), disminución de intereses y retraimiento afectivo, inquietud, falta de atención y problemas de sueño. Cuando los abusos son muy graves (maltrato físico/emocional extremo, abuso sexual), pueden afectar de forma más dramática, comprometiendo todo el desarrollo de su personalidad, ya que conforman un ambiente del que no es posible escapar, y se establece como el mundo de referencia, sin otro tipo de significados. Además de lo anterior, también es importante mencionar que puede haber un retraso en el inicio de la sintomatología del TEPT hasta que la situación traumática ha finalizado (López-Soler, 2008).

Prevalencia del TEPT

En el 2005, Medina-Mora, Borges-Guimaraes, Lara, Ramos-Lira, Zambrano, & Fleiz-Bautista realizaron un estudio con el objetivo de reportar el índice de exposición a diferentes sucesos violentos, los correlatos demográficos, la prevalencia de trastorno por

estrés postraumático y el impacto sobre la calidad de vida en población mexicana. Este estudio formó parte de la Iniciativa de la Organización Mundial de la Salud en Salud Mental, la cual se llevó a cabo en más de 30 países. La población blanco fue la no-institucionalizada, que tiene un hogar fijo, de entre 18 a 65 años de edad y que vive en áreas urbanas (población de más de 2 500 habitantes). Se consideraron la mayor parte de estados de la República. Se evaluaron 28 diferentes sucesos violentos con un instrumento cerrado. Alrededor de 54% de la muestra fue del sexo femenino, y alrededor de 40% se ubicó en el grupo de edad más joven (18 a 29 años). Casi 68% de la población contó únicamente con estudios primarios (sexto grado), y sólo 12% completó estudios universitarios. La mayoría reconoció como estado civil el estar casado o en unión libre (67%), y estar trabajando actualmente (58%).

Los resultados del estudio mostraron que 68% de la población adulta que vive en el México urbano ha estado expuesta al menos a un suceso estresante alguna vez en su vida. El 20% dijo haber experimentado al menos uno de los sucesos, 15% dos y 33% tres o más. Una de cada cuatro personas había experimentado la muerte repentina o inesperada de un familiar o amigo cercano (26.9%), así como algún atraco en el que fue amenazada con un arma (24.6%). Una de cada cinco (21.4%) ha tenido algún accidente; en proporción similar la población ha sido testigo de violencia doméstica en su infancia (20.3%) y víctima de violencia física severa (apaleado) por parte de padres o cuidadores en la infancia (18.3%). El 16.3% ha sido testigo de la muerte o lesiones de una persona, 13.7% experimentó algún desastre natural o provocado por el hombre. Una de cada 10 personas ha sufrido alguna enfermedad grave; 7.4% ha sido apaleado por alguna persona que no son los padres o la pareja, 6% ha sido apaleado por su pareja y 5.4% reporta haber experimentado abuso sexual, 3.9% había sido víctima de violación y 3.7% de persecución o acoso.

En cuanto a las diferencias por sexo, destaca que las mujeres presentan prevalencias estadísticamente más elevadas de abuso sexual, violencia física por parte de la pareja, violación, persecución y acoso. Por su parte, los hombres experimentaron más atracos con arma, así como accidentes.

La experiencia de *acoso*, tiene su inicio alrededor de los 15 años de edad, siendo más frecuente antes de los 30 y ocurre en menos proporción hasta los 40. Los *accidentes*

graves se expresan en forma más evidente en la adolescencia, los nuevos casos tienen un rápido crecimiento en la juventud y empiezan con un crecimiento menos acelerado después de los 40, y lento después de los 50. Los *atracos o amenazas con armas* ocurren en todas las edades, aunque empiezan a ser más frecuentes en la adolescencia, se manifiestan en forma continua hasta los 40 años, y son poco frecuentes en las dos siguientes décadas hasta los 60 años, edad cuando la población que no había experimentado estos sucesos antes, vuelve a estar en riesgo. El evento que tiene una aparición más temprana es el haber sido *testigo de violencia doméstica*, es decir, haber visto peleas físicas, en especial del padre y de la madre, con una frecuencia amplia entre los 5 y los 10 años de edad, con menor incidencia entre los 10 y los 20 años y con poco incremento en el número de nuevos casos a partir de esta edad, lo que de alguna manera se explica por la propia pregunta que limita el tiempo de exposición al suceso a la infancia. El ser *víctima de violencia por parte de los padres* mostró una distribución similar, pero los nuevos casos dejan de aparecer a una edad más temprana, siendo poco probable que ocurran después de los 17 años.

Los niños y los adolescentes están más expuestos a la *violación sexual*; este evento tiene su aparición en las dos primeras décadas de la vida, con pocos nuevos casos después de los 20 años. El *abuso sexual* ocurre también por primera vez en edades tempranas con reportes a partir de los cinco años de edad; el índice de nuevos casos sigue apareciendo hasta los 25 años, con un segundo período con menos casos nuevos hasta poco después de los 30 años, y con poca incidencia después de esta edad.

La prevalencia total de TEPT fue de 1.45%; 2.3% en las mujeres y 0.49% en los hombres. Las prevalencias más elevadas según el criterio DSM-IV, fueron las asociadas a la persecución o acoso, la violación, el secuestro, el abuso sexual y el haber sido víctima de violencia por parte de los padres.

En una escala de 0 a 10, las personas con estrés postraumático comunicaron un índice de dificultad moderada, con un promedio de 5.79 de dificultad para llevar a cabo las actividades del hogar, 5.88 actividades de la vida social, 5.93 para las relacionadas con el trabajo y, en el nivel más alto, 6.07, la dificultad para relacionarse con personas cercanas.

TEPT y su repercusión sobre el estado neurobiológico y funcional

Cuando ocurre un evento traumático, se producen reacciones psíquicas y fisiológicas de defensa inmediatas, que les permiten a los individuos salvaguardar sus vidas. Una vez pasada la alarma, el evento es interpretado de acuerdo a lo que sucedió realmente, integrándose a la experiencia. Sin embargo, cuando el evento traumático rebasa la capacidad de respuesta del individuo, se producen cambios neurobiológicos, muchos de ellos permanentes, dando lugar a síntomas persistentes de TEPT. Estructuras cerebrales como el tallo cerebral, tálamo, ganglios basales, sistema límbico, cerebelo, y neocortex constituyen un sistema que filtra y procesa información. Este sistema necesita funcionar en armonía para seleccionar los estímulos relevantes, sopesar las opciones de respuesta, anticipar resultados de cada acción, concentrarse en una tarea y finalizarla, para luego atender un nuevo estímulo. Los pacientes con TEPT tienen serios problemas para llevar a cabo todas estas funciones (Reyes Ticas, 2008).

Por otro lado, el TEPT se caracteriza por un conjunto de síntomas (pesadillas, trastornos del sueño, evitación, ansiedad, hipervigilancia, etc.) que dependen exclusivamente de la acción del sistema nervioso simpático y resultan de un exceso (y funcionamiento inadecuado) de la cantidad de liberación de catecolaminas, ante la exposición a estímulos estresantes (Southwick, Krystal, Morgan, Johnson, Nagy, Nicolaou *et al.*, 1993; Southwick, Krystal, Bremner, Morgan, Nicolaou, Nagy *et al.*, 1997). Por ejemplo, Friedman (1994) y Bremner, Krystal, Southwick & Charney (1996) nos sugieren estudios que demuestran esta misma desregulación. Así, al exponer a veteranos de guerra de Vietnam a un conjunto de estímulos auditivos y visuales similares a sus experiencias traumáticas vividas en tiempo de guerra, se ha verificado que estos presentan una elevada tasa cardíaca y una elevada presión sanguínea, siendo debido a una desregulación del sistema nervioso simpático, es decir, de un descontrol en la liberación de adrenalina y noradrenalina ante determinados estímulos traumáticos (Carlson, 2002).

Por otro lado, algunos estudios apoyan la noción de que la baja respuesta del cortisol al estrés hace a las personas vulnerables a desarrollar TEPT. Por ejemplo, McFarlane (1996) encontró que víctimas de accidentes automovilísticos que tenían el cortisol bajo predecía el desarrollo de TEPT tres meses más tarde. Asimismo, se han

considerado otros neurotransmisores relacionados con el estrés, los cuales se muestran de manera breve en la Tabla 1.

Tabla 1. Neurotransmisores implicados en el TEPT (modificado de Bremner, Davis, Southwick, Krystal, & Charney, 1993).

Neurotransmisor	Funciones	Estrés agudo	Estrés crónico	Regiones cerebrales involucradas	Síntomas de TEPT
Norepinefrina	Percepción de los estímulos novedosos, atención selectiva, hipervigilancia, arousal y miedo.	Incrementa con movimiento	Incrementa la sensibilidad de las neuronas del LC.	Hipocampo, hipotálamo, LC, Corteza cerebral y amígdala,	Ansiedad, miedo, hipervigilancia, hiperarousal, irritabilidad, codificación de memorias traumáticas.
Factor liberador de corticotropina s.eje hipotálamo-pituitaria-adrenal.		Incrementa	Incrementa/Decrementa	Hipocampo, hipotálamo, corteza, LC y amígdala	Ansiedad y miedo, alteraciones de la memoria, hiperarousal.
ACTH periférico		Incrementa	Incrementa/Decrementa.		
Cortisol periférico	Estimula la acción de procesos metabólicos para sostener las demandas físicas y reparar tejidos.	Incrementa	Incrementa/Decrementa		
Dopamina		Incrementa liberación	Incremento	Corteza prefrontal y núcleo accumbens	Hipervigilancia, paranoia, alteraciones en la memoria
Benzodiazepinas		Incrementa liberación	Decremento	Hipocampo, hipotálamo, corteza cerebral, estriado y cerebro medio	Ansiedad

				o mesencéfalo.	
Opioides endógenos	Aumentan el umbral del dolor, particularmente ante algún daño.	Incrementa liberación	Decremento	Mesencéfalo e hipocampo	Analgesia, embotamiento emocional, codificación de memorias traumáticas

Por otro lado, las estructuras cerebrales que parecen estar relativamente alteradas en su función en pacientes con TEPT, son las siguientes: el *vermis cerebelar*, el cual tiene una extensa ontogenia y una alta densidad de receptores a glucocorticoides, por lo que es altamente susceptible a estrés temprano. El *vermis* modula el movimiento de la dopamina en el *accumbens* y recibe inputs directos de dopamina a través de fibras (Anderson et al., 2002). *Los lóbulos parietales*, que parecen tener funciones de carácter integrador de las varias áreas de asociaciones corticales; *la amígdala*, la cual parece ser activada cuando los sujetos son expuestos a situaciones traumáticas, y por tanto parece estar implicada en funciones de evaluación de la información aferente de carácter emocional; *el hipocampo*, el cual parece crear un mapa cognitivo que permite toda la categorización de la experiencia; *el cuerpo calloso*, el cual permite la transferencia de la información entre los dos hemisferios, teniendo un importante papel en la integración emocional y cognitiva de la experiencia; *el giro cingulado*, del cual se piensa tener un importante papel de amplificador y de filtro, facilitando la integración de aspectos tanto cognitivos como emocionales; y por fin, *la corteza prefrontal*, en la cual se activan procesos de resolución de problemas, aprendizaje, discriminación de estímulos complejos y programación de acciones (Coelho et al. 2010). Algunos estudios que han analizando tanto la anatomía como la funcionalidad de áreas cerebrales de forma más particular son los siguientes:

Bremner et al. (2003) realizaron un estudio con el propósito de medir tanto la estructura como la función del hipocampo en mujeres con y sin abuso sexual durante la infancia y TEPT. Participaron tres grupos: un grupo de 10 mujeres con abuso sexual en la infancia y TEPT (edad promedio de 35 años), un grupo de 12 mujeres con abuso sin TEPT (edad promedio de 32 años) y otro grupo sin abuso ni TEPT (edad promedio de 38 años). A todas las participantes se les obtuvieron medidas del volumen del hipocampo con resonancia magnética. La función hipocampal se evaluó a través de tomografía por emisión de positrones durante la ejecución de tareas de memoria declarativa verbal en donde se

tomaron 4 scanners; los primeros dos consistían en la escucha, por parte de los sujetos, de dos párrafos que se leyeron en voz alta en un tono normal de voz durante 1 minuto cada uno; a las participantes se les instruyó para que contaran el número de veces que escucharan la letra “d”. En los otros 2 scanners los sujetos escucharon otros dos párrafos diferentes, instruyéndoseles previamente para que atendieran a uno de ellos y se imaginaran y trataran de recordar tanto contenido de dicho párrafo como pudieran. Cinco minutos después se les pidió a los sujetos que recordaran libremente el contenido del párrafo anteriormente mencionado. Los puntajes fueron el número de elementos del párrafo correctamente recordados. Los resultados fueron los siguientes: con respecto al volumen cerebral se observó que las mujeres con historia de abuso sexual y TEPT tenían un 16% de menor volumen comparado con las mujeres con historia de abuso sin TEPT y un 19% de menor volumen comparado con el grupo control. En lo referente a la ejecución de las tareas de memoria con tomografía por emisión de positrones, se presentaron diferencias significativas en lo siguiente: se observó un incremento del flujo sanguíneo en el hipocampo izquierdo durante la codificación de la memoria verbal con respecto a la tarea control en las mujeres con historia de abuso sin TEPT, mientras que en las mujeres con historia de abuso con TEPT se observó una falla en la activación hipocampal izquierda.

Tupler & de Bellis (2006) examinaron la hipótesis de que el hipocampo debe tener un tamaño mayor en sujetos pediátricos con TEPT comparado con sujetos control. Estudiaron 61 sujetos (30 niños y 30 niñas) con TEPT relacionado a maltrato y 122 sujetos control utilizando resonancia magnética. En los resultados se observó un mayor tamaño del hipocampo controlando el (volumen cerebral) en sujetos con TEPT comparado con sujetos control. El volumen hipocampal de materia blanca segmentada fue mayor en los sujetos con TEPT, no así la materia gris. El volumen hipocampal estuvo positivamente relacionado a la edad del inicio del trauma y el nivel de psicopatología, particularmente en conductas externalizadas.

Anderson et al. (2002) utilizaron resonancia magnética funcional para evaluar el flujo sanguíneo en estado de reposo en 24 adultos jóvenes (de edades de entre 22-18 años). Ocho de los sujetos tuvieron una historia de repetido abuso sexual y 16 sujetos control sin historia familiar o personal de desordenes psiquiátricos del eje I. Los investigadores

encontraron que los sujetos con historia de abuso sexual presentaron un elevado T2-RT en el vermis cerebelar indicando un menor volumen sanguíneo comparado con el grupo control, lo cual debe ser una consecuencia de actividad neuronal reducida.

Woodward, Kaloupek, Streeter, Martinez, Schaer & Eliez (2006) realizaron un estudio para explorar las asociaciones entre el TEPT y el volumen del cíngulo en un grupo de 99 veteranos de combate del conflicto de Vietnam (edad promedio de 56 años) o la guerra del Golfo (edad promedio de 38 años). Algunos tenían el diagnóstico de TEPT y otros no. Hubo otra clasificación basada en el abuso o dependencia de alcohol a lo largo de la vida, pero no actual, mínimo durante seis meses. En los resultados se encontró que, de forma general, la corteza cingulada anterior fue mayor en el hemisferio derecho, mientras la corteza cingulada posterior fue mayor en el izquierdo. La corteza cingulada anterior fue menor en los sujetos con TEPT en comparación con los sujetos que no tenían TEPT, sin importar la historia de alcoholismo.

Shin et al. (2004) realizaron un estudio con el propósito de examinar la relación entre la amígdala y regiones de la corteza prefrontal durante la provocación de síntomas en hombres veteranos de combate y mujeres enfermeras veteranas con TEPT. Participaron un grupo de 17 (7 hombres y 10 mujeres) veteranos de Vietnam con TEPT Y 19 (9 hombres y 10 mujeres) veteranos de Vietnam sin TEPT como grupo control. Utilizaron tomografía por emisión de positrones y un paradigma de imaginación para estudiar el flujo sanguíneo cerebral durante la recolección de eventos traumáticos y neutrales. También se obtuvieron datos de autorreportes emocionales y psicofisiológicos para confirmar los efectos de la imaginación. Los resultados mostraron que el grupo con TEPT exhibió decrementos en el flujo sanguíneo cerebral en el giro frontal medial en la comparación de imaginación traumática versus neutral. Sólo los hombres exhibieron incrementos en el flujo sanguíneo en la amígdala izquierda. Sin embargo, para ambos subgrupos con TEPT, los cambios en el flujo sanguíneo en el giro frontal medial fueron inversamente relacionados con cambios en el flujo sanguíneo en la amígdala izquierda y la amígdala derecha/corteza periamigdalóide. Además, en la condición traumática, para ambos subgrupos con TEPT, la severidad de los síntomas estuvo positivamente relacionada con el flujo sanguíneo de la amígdala derecha y negativamente relacionado al flujo sanguíneo del giro frontal medial.

Asimismo, con el empleo de la tomografía por emisión de positrones (PET) Rauch et al. (1996) usaron un modelo de provocación de síntomas, que consistía en el relato detallado del episodio traumático comparado con otro neutro a 8 pacientes con TEPT. Encontraron una actividad aumentada en estructuras del hemisferio derecho relacionadas con alerta emocional (amígdala, cíngulo anterior, ínsula, lóbulo temporal anterior, corteza visual y orbital posterior) y una reducción de la actividad en la corteza frontal inferior izquierda que corresponde al área de Broca y en la corteza media temporal durante el relato traumático versus neutro.

De Bellis et al. (1999), con el propósito de observar los efectos del TEPT en el desarrollo cerebral, valoraron 44 niños y adolescentes con TEPT por trauma o maltrato (abuso físico, sexual o emocional) y 61 controles (de edades entre 6.7 y 17 años) a través de evaluaciones psiquiátricas y resonancia magnética. La mayoría de los sujetos maltratados (34 de 44) experimentaron TEPT secundario a abuso sexual (con un inicio y duración promedio de 4.5 y 2.7 respectivamente). Los demás sujetos con TEPT experimentaron abuso físico. Treintaiocho de los 44 sujetos con TEPT presentaron desordenes psicopatológicos comórbidos: desorden depresivo mayor, desorden distímico, desorden desafiante oposicional y déficit de atención con hiperactividad. Estos investigadores encontraron lo siguiente: los sujetos con TEPT tuvieron menores volúmenes intracraneales y cerebrales comparados con los control. El área total mediosagital, media y posterior del cuerpo calloso continuaron más pequeños. Mientras que las áreas de los ventrículos laterales fueron proporcionalmente mayores que los del grupo control, pero después se ajustaron al volumen intracraneal. El volumen cerebral se correlacionó robusta y positivamente con la edad del inicio del trauma y TEPT y negativamente con la duración del abuso. Los síntomas de pensamientos intrusivos, evitación, hiperarousal o disociación se correlacionó positivamente con el volumen ventricular y negativamente con el volumen cerebral y medidas regionales y totales del cuerpo calloso. Se observó una significativa reducción del área del cuerpo calloso en hombres maltratados con TEPT y una tendencia a una mayor reducción del volumen cerebral con respecto a las mujeres con TEPT. No se observaron menores volúmenes del hipocampo en los sujetos con TEPT comparado a los sujetos control como se ha observado en adultos con TEPT.

Bremner et al. (1999) realizaron un estudio cuyo propósito fue medir los correlatos neuronales de memorias del abuso sexual en la infancia en mujeres abusadas sexualmente con o sin diagnóstico de estrés postraumático (TEPT). Las participantes para dicho experimento fueron 22 mujeres con historia de abuso sexual en la infancia, utilizando imagenología cerebral por medio de Tomografía por Emisión de Positrones (TEP) mientras escuchaban escritos neutrales y traumáticos (eventos personalizados de abuso sexual en la infancia). Se comparó el flujo sanguíneo cerebral durante la exposición a escritos neutrales y traumáticos en las mujeres sexualmente abusadas con y sin TEPT. Los resultados fueron los siguientes: las memorias de abuso sexual en la infancia estuvieron asociadas con grandes incrementos en el flujo sanguíneo en porciones de la corteza prefrontal anterior (giro frontal medio y superior: áreas 6 y 9), cíngulo posterior (área 31), y la corteza motora en las mujeres abusadas sexualmente con TEPT más que en las mujeres sexualmente abusadas sin TEPT. Las memorias de abuso se asociaron con alteraciones en el flujo sanguíneo en la corteza prefrontal medial, con decremento del flujo sanguíneo en el giro subcalloso (área 25) y una falla de activación en el cíngulo anterior (área 32). Hubo también decremento del flujo sanguíneo en el hipocampo derecho, el giro temporal fusiforme inferior, el giro supramarginal y la corteza de asociación visual en mujeres con TEPT relativo a las mujeres sin TEPT. De acuerdo a lo anterior, los investigadores sugieren que debe estar presente una disfunción de la corteza prefrontal medial (giro subcalloso y cíngulo anterior), del hipocampo y de la corteza de asociación visual en las memorias patológicas de abuso sexual en la infancia en mujeres con TEPT; así como una activación incrementada en el cíngulo posterior y en la corteza motora. De forma general, la disfunción en las áreas cerebrales mencionadas deben subyacer los síntomas del TEPT provocados por recordatorios traumáticos en los sujetos con TEPT por abuso sexual.

Otro estudio fue realizado por Carrión et al. (2001) quienes utilizaron imagenología cerebral en niños que presentaron TEPT. Fueron evaluados 24 niños (14 niños y 10 niñas) de entre 7 y 14 años con historia de trauma y TEPT, comparados con 24 sujetos control sanos de entre 8 y 14 años de edad igualados con el grupo con TEPT en edad y género. Los resultados fueron los siguientes: el grupo clínico presentó una atenuación de la asimetría de los lóbulos frontales y menor tamaño cerebral comparado con el grupo control. No hubo

diferencias significativas en el volumen del hipocampo entre el grupo con TEPT y el control. Los investigadores consideran que las anomalías en los lóbulos frontales pueden ser resultado de los niños que desarrollan TEPT, o bien, un factor de riesgo para desarrollar el trastorno en este grupo de edad.

Por último, Kilts et al. (2005) realizaron un estudio con el propósito de estudiar las activaciones neuronales relacionadas a una reexperiencia de trauma y la respuesta para psicoterapia. Se estudiaron 5 mujeres sin tratamiento farmacológico por lo menos una semana antes del estudio (edad principal de 38.6 años, con un rango de edad de 26-48) que habían desarrollado el diagnóstico de TEPT, evaluado a través del DSM-IV como resultado de violación sexual o intento del mismo. La duración entre el asalto sexual y el estudio fue de 9 años. Se utilizó la técnica: Tomografía por Emisión de Positrones (PET), mientras se realizaban ejercicios de imaginación neutral e imaginación relacionada al abuso sexual. Los resultados indicaron lo siguiente: durante el ejercicio de imaginación relacionada al abuso sexual se observó una activación en la corteza orbitofrontal derecha y el polo temporal anterior, y la corteza frontal superior, mientras que la actividad de la amígdala derecha estuvo relativamente decrementada.

Efectos del TEPT en el desarrollo a corto y largo plazo

Un porcentaje importante de personas que han sufrido un trauma muestra síntomas completos de TEPT inmediatamente después del acontecimiento traumático. Sin embargo, este porcentaje se reduce a casi la mitad durante los tres meses siguientes al trauma, tendiendo entonces a estabilizarse (Caballo, 1997). Por ejemplo, Rothbaum et al. (1992) realizaron un estudio en el que evaluaron personas que habían sufrido una violación y encontraron que a las dos semanas un 94% de estas personas manifestaron los síntomas del TEPT, al mes un 65%, a los 3 meses un 47% y a los 6 y 9 meses un 42%. Si los síntomas no remiten después de los 3 meses, el TEPT suele persistir e incluso empeorar sin la intervención apropiada. Varios estudios sobre sujetos que han sufrido un trauma han mostrado la presencia de un TEPT diagnosticable muchos años después del acontecimiento (Kilpatrick et al., 1987; Kulka et al., 1990).

Con respecto al impacto que puede tener el TEPT en determinadas etapas del desarrollo, es necesario considerar:

- las tareas próximas del desarrollo
- el desarrollo de las competencias
- las transiciones familiares
- la plasticidad neuropsicológica

Las habilidades recientemente adquiridas son las más vulnerables. Por ejemplo, el pre-escolar experimenta una confusión que interfiere en el logro de una narrativa coherente, lo que disminuye la verbalización y expresiones precoces del trauma. También se observa un fracaso en el desarrollo apropiado de la fantasía. La disminución de la atención interfiere en los niños que están aprendiendo a leer y escribir, conduciéndolos al fracaso, lo que disminuye la autoestima y aumenta el riesgo de comorbilidad. En los escolares se observa una inhibición selectiva del pensamiento, distractibilidad e interferencia en la comunicación simbólica. En la adolescencia hay deficiencias en la adquisición de conceptos abstractos; además, el evento traumático puede producir una alteración del desarrollo de la conciencia de sí mismo, alterando en el adolescente el sentido de integración pasado, presente y futuro (Montt & Hermosilla, 2001).

Los efectos del TEPT en el desarrollo posterior se manifiestan de diferentes maneras: facilidad para identificarse con roles de víctima, agresor y salvador, y posteriormente con el desarrollo de la personalidad tiende a fijarse uno de éstos; fijación de autoatribuciones negativas en el carácter de la experiencia original; cambios en la reactividad del sistema central de catecolaminas, aumentando la atención al daño potencial y la respuesta defensiva, lo que causa anticipaciones erradas del ambiente, esperando eventos futuros negativos, lo cual aumentan la actividad autónoma y simpática. De forma general, los efectos del TEPT a largo plazo son principalmente los siguientes: TEPT crónico, trastorno de personalidad límite, antisocial y/o narcisista, trastorno de personalidad múltiple, especialmente cuando el trauma ocurrió en edad preescolar, automutilaciones e intentos de suicidio y abuso de sustancias y alcoholismo (Montt & Hermosilla, 2001).

Considerando el hecho de que si bien, mucha gente se recupera de los síntomas del TEPT en algunos meses posteriores al evento traumático, por otro lado hay un subgrupo significativo en el cual los síntomas persisten, a menudo por años (Kessler et al., 1995; Rothbaum, Foa, Riggs, Murdock & Walsh, 1992). Ehlers & Clark (2000) proponen un modelo de persistencia del TEPT. Dicho modelo sugiere que el TEPT se vuelve persistente cuando los individuos procesan el trauma en una forma que conduce a una sensación de amenaza actual seria. El sentido de amenaza surge como una consecuencia de: 1) evaluaciones excesivamente negativas del trauma y/o su secuela y 2) un disturbio de la memoria autobiográfica caracterizada por una pobre elaboración y contextualización, fuerte memoria asociativa y fuerte priming perceptual (ver Figura 1).

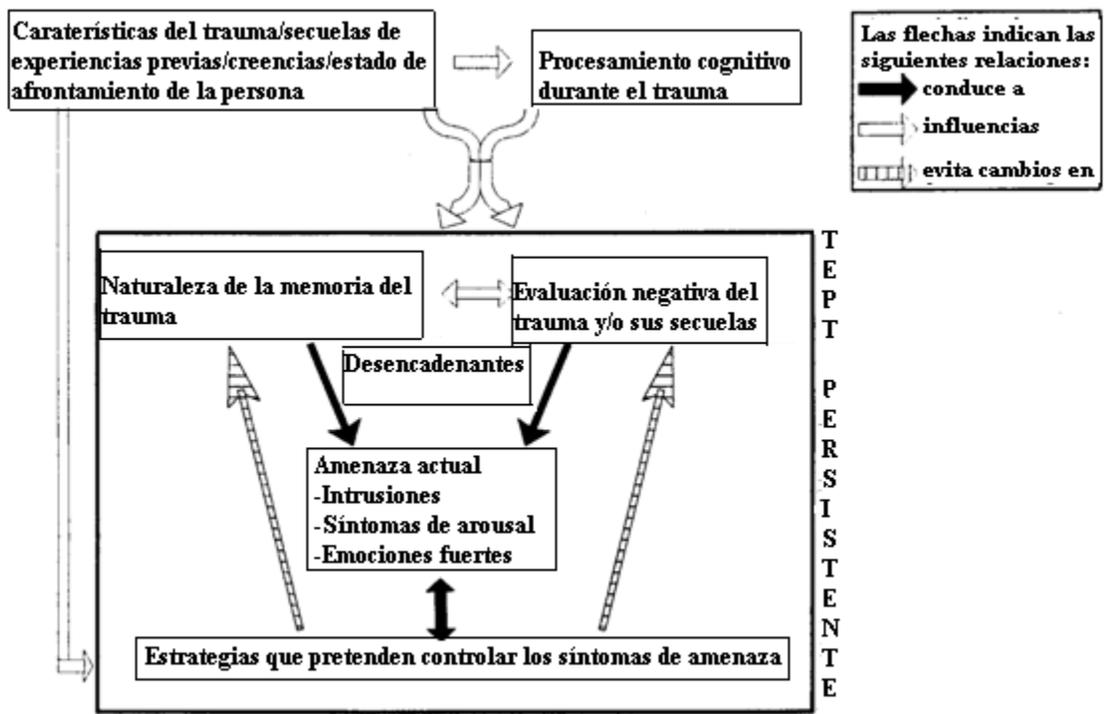


Figura 1. Modelo cognoscitivo de TEPT

Una de las áreas corticales implicadas de forma importante en los aspectos cognoscitivos del trauma es la corteza prefrontal, cuyas características se mencionarán a continuación.

La Corteza prefrontal

Los lóbulos frontales son la porción más anterior de la corteza, son los mayores en extensión en la especie humana y sus funciones son consideradas como aquellas que más fuertemente nos caracterizan e identifican como humanos (Portellano, 2005). En la especie humana, los lóbulos frontales constituyen la tercera parte total de la corteza cerebral. Se dividen en dos grandes áreas: la corteza motora (parte posterior) y la corteza prefrontal (CPF, parte anterior). Por otro lado, existen tres divisiones principales citoarquitectónicas en los lóbulos frontales. La corteza agranular se refiere al área motora (áreas 4 y 6 de Brodmann), en la cual la capa piramidal externa (III) y la capa piramidal interna (V) son grandes, y provienen de una capa profunda, virtualmente sin capa granular interna (IV). En la corteza prefrontal, por otro lado, la capa IV, la capa granular interna, reaparece produciendo una corteza granular distinta. El campo frontal de los ojos está entre las cortezas granular y agranular como una tercera corteza llamada disgranular (Stuss & Benson, 1984). A diferencia de la corteza motora, la CPF no tiene conexiones con las áreas motoras primarias, sino con las áreas asociativas temporales, parietales y occipitales, por lo que sus lesiones no producen parálisis (Portellano, 2005).

Anatómicamente, los lóbulos frontales son el área de la corteza cerebral anterior a la cisura de Rolando y sobre la cisura de Silvio. Los dos hemisferios pueden ser divididos en tres áreas principales: dorsal-lateral, medial y basilar orbital. Actualmente, existen diversas divisiones de los lóbulos frontales. Basándonos en la numeración de Brodmann, hay tres subdivisiones: el área 4 o giro precentral, es el área motora primaria, junto con el área 6 y la parte posterior del área 8 llamada área premotora. Las áreas 44 y 45, también conocidas como área de Broca, son consideradas parte del área premotora (Jouandet & Gazzaniga, 1979). El área 8 representa también el área frontal de los ojos. El resto, que incluye las áreas: 9, 10, 11, 12, 13, 14, 24, 32, 46 y 47 de Brodmann corresponde a la CPF (Garey, 1999).

En el cerebro mamífero la CPF está convencionalmente definida por dos criterios básicos: citoarquitectura y conectividad. Tales criterios delimitan aproximadamente el mismo territorio, caracterizado en todas las especies de mamíferos por una prominente capa IV celular o capa granular (Fuster, 2002) y una firme conectividad con el núcleo mediodorsal del tálamo (Rose & Woolsey, 1948).

En primates y en humanos, la CPF puede subdividirse en tres regiones principales (Fuster, 2001): la región dorsolateral, que incluye las áreas: 8-12, 46 y 47 de Brodmann, la región orbital (también llamada prefrontal ventral) que comprende las áreas 10-15, 25 y 47 de Brodmann y la región medial que comprende las áreas 9-13, 24 y 32 de Brodmann y que además incluye la corteza anterior del cíngulo (Tekin & Cummings, 2002).

En años recientes se ha considerado, en primates, otra región prefrontal anatómica y funcionalmente distinta a las anteriormente mencionadas: la corteza frontopolar, también conocida como polo frontal o corteza frontal rostral (corresponde a una parte del área 10 de Brodmann), la cual comprende la parte más anterior del lóbulo frontal y, a pesar de muchos datos de estudios de neuroimagen funcional, ha sido difícil definir su descripción funcional. Actualmente no hay estudios en los cuales la actividad de neuronas frontopolares haya sido registrada, posiblemente porque esta área es difícil de acceder y estudiar electrofisiológicamente. Además, los estudios neuroanatómicos esenciales de conexiones neuronales y citoarquitectura de esta región, en primates no humanos, son muy recientes. Entre las aportaciones sobre las funciones que se han relacionado con esta región están por ejemplo la de Christoff y Gabrieli (2000), quienes sugirieron que el área 10 en humanos debe estar especializada “para el procesamiento explícito de estados mentales internos y eventos – o evaluación introspectiva de sentimientos y pensamientos de uno mismo”; mientras que Koechlin, Basso, Peitri, Panzer & Grafman (1999) han sugerido que la corteza frontopolar media la “ramificación cognitiva” o “la habilidad humana para mantener en mente metas mientras explora y procesa metas secundarias, un proceso generalmente requerido en la planeación y razonamiento.”

Desarrollo de la corteza prefrontal

Filogenéticamente además de ontogenéticamente, la corteza prefrontal es una de las últimas regiones de la neocorteza en completar su total desarrollo y maduración; muestra una madurez tardía citoarquitectónica en parámetros como: el número de células, volumen del soma celular y el tamaño y número de espinas dendríticas de sus neuronas, así como en el proceso de mielinización de sus fibras aferentes y eferentes. En el individuo humano

normal, la maduración prefrontal total no es alcanzada sino hasta después de la adolescencia (Fuster, 1999).

El crecimiento evolutivo desproporcionado de la CPF es paralelo al de las regiones temporales y parietales. Por lo que se ha propuesto que la expansión evolutiva de la corteza de asociación, tanto posterior como prefrontal, está íntimamente relacionada con la evolución de las funciones cognoscitivas (Fuster, 2002).

Conexiones anatómicas de las subregiones de la corteza prefrontal

Pandya y Yeterian (1998) realizaron un estudio en el que reexaminaron la organización morfológica comparativa de la corteza prefrontal en humanos y en el mono rhesus. Los análisis de dicho estudio indicaron que las áreas arquitectónicas en ambas especies corresponden en términos de características morfológicas así como las localizaciones topográficas. Estos investigadores desarrollaron un esquema organizacional común para las áreas de la corteza prefrontal, permitiendo una disolución de discrepancias previas. Sin embargo, un análisis convencional en los monos ha revelado que cada área está caracterizada por un patrón único de relaciones corticales. El esquema organizacional que proponen Pandya y Yeterian (1998), provee un marco para interrelacionar hallazgos tales como los obtenidos de estudios de imágenes de cerebros humanos con aquellas investigaciones conductuales de primates no humanos.

Los resultados fueron los siguientes: cada región prefrontal arquitectónicamente distinta, como se estudia en el cerebro del mono, se ha mostrado que tiene un patrón completamente distinto de conectividad.

Con respecto a las conexiones locales (intrínsecas prefrontales), las áreas sobre el surco principal tienden a tener entradas principalmente de las regiones prefrontales dorsales y mediales, mientras que las que se encuentran por debajo del surco principal, tienen entradas predominantemente de las partes ventrolaterales y orbitales. Hay evidencia de que ciertas áreas prefrontales tienen mucho más diversas aferencias locales, por ejemplo, el área 45 recibe entradas de regiones prefrontales tanto dorsales y mediales como ventrolaterales y dorsales. Asimismo las áreas dorsales 9 y 9/46 tienen conexiones, de forma significativa, con varias regiones orbitales. El área 9/46 ventral, tiene entradas predominantemente del

área sensorial secundaria y de las áreas de asociación insular y somatomotora y se ha dicho que tiene un rol en la memoria de trabajo para funciones orofaciales. Por otro lado, de manera general, el papel ejecutivo de la CPF depende sin duda de la actividad integrada de diversas regiones arquitectónicas. Sin embargo, considerando las relaciones conexionales de varias áreas prefrontales distintas morfológicamente, Pandya y Yeterian (1998) sugieren la existencia de 2 amplias categorías:

De forma general, las áreas prefrontales sobre el surco principal están relacionadas preferentemente con corteza postrolándica, localizadas en la superficie medial y lateral de esta área. b) En contraste, las áreas prefrontales localizadas bajo el surco principal, están ligadas fuertemente con regiones postrolándicas localizadas ventrolateral y ventromedialmente. Dentro de cada una de estas categorías de regiones frontales, parece haber patrones diferentes de conectividad cortical lejanas rostralmente dentro de la corteza prefrontal. La región frontal caudolateral sobre el surco principal (áreas 6 y 8Ad), reciben entradas principalmente de áreas de asociación somatomotora relacionadas al tronco y a los miembros y de áreas involucradas en procesos visoespaciales y audiovisuales. En contraste las áreas más rostrales (áreas 9 y 9/46d) reciben entradas predominantemente de regiones límbicas y áreas multimodales. Consistente con su especificidad morfológica y conexional, las regiones frontales dorsales parecen tener roles funcionales completamente diferentes. Además, mientras las regiones caudales están involucradas en tareas de respuesta condicional y en procesos atencionales, las regiones más rostrales tiene un papel importante en funciones espaciales y en memoria de trabajo (Goldman-Rakic, 1987).

La forma exacta en la que regiones prefrontales arquitectónicas discretas contribuyen al rol ejecutivo del lóbulo frontal, permanece incierto. Sin embargo, procesos tales como la atención, la memoria de trabajo y la respuesta de inhibición pueden ser vistas como componentes claves de una capacidad general para la ejecución de una conducta apropiada (Pandya y Yeterian, 1998).

Petrides (1994, 1995) ha sugerido que las áreas de la corteza prefrontal ventrolateral juegan un papel en la codificación activa y la recuperación de información específica mantenida de forma visual, auditiva y de las áreas de asociación somatosensorial con las que están conectadas. Esto permite la selección y comparación necesarias para los procesos

de toma de decisiones respecto a la información mantenida en la memoria a corto y largo plazo. La corteza prefrontal medio-dorsolateral, en contraste, se ha pensado que está involucrada cuando la información que ha sido recuperada debe ser monitoreada y manipulada para la planeación y la ejecución de la conducta. Debe ser la combinación de todos estos procesos la que subyace a la completa función ejecutiva de la corteza prefrontal.

Se ha argumentado que la corteza prefrontal es la mejor conectada de todas las estructuras corticales. Las 3 regiones prefrontales (dorsolateral, orbital y medial) están recíprocamente conectadas entre ellas, así como con el núcleo del tálamo anterior y mediodorsal, la máxima estación de integración neural dentro del tálamo (Goldberg, 2002).

La corteza prefrontal está conectada con la corteza de asociación posterior (la máxima estación de integración perceptual), con la corteza premotora, con los ganglios basales y con el cerebelo. Además, está conectada con el hipocampo y otras estructuras relacionadas que se sabe son críticas para la memoria; con la corteza cingulada, que se dice es crítica para la emoción; y con la amígdala, el hipotálamo y los núcleos del tallo cerebral, encargados de la activación cerebral y de llevar información del medio interno a la corteza prefrontal (Goldberg, 2002).

Circuitos Prefrontales

La actividad cortical de los lóbulos frontales está regulada por varios circuitos frontosubcorticales paralelos y segregados (Alexander, De Long & Strick, 1986). Todos los circuitos de la corteza prefrontal contienen la siguiente secuencia general de conexiones entre las estructuras que los componen: *Corteza prefrontal – estriado – globo pálido/sustancia negra – tálamo* (Tekin & Cummings, 2002). A continuación se describen cada uno de los circuitos prefrontales:

I. Circuito Dorsolateral Prefrontal: la corteza dentro y alrededor del surco principal y en la convexidad prefrontal dorsal (áreas 9 y 10 de Brodmann) son el origen del circuito dorsolateral prefrontal. La proyección de esta área cortical termina en la región dorsolateral del núcleo caudado (Goldman & Nauta, 1976). Importantes proyecciones corticoestriadas a este mismo sector surgen de la corteza parietal posterior (área 7) y el área premotora arcuata (Selemon & Goldman Rakic, 1985). Las porciones rostrales del núcleo caudado

proyectan al globo pálido dorsomedial y a las porciones rostrales de la sustancia nigra reticulata (SNr) (Szabo, 1962). El globo pálido dorsomedial proyecta a la porción parvocelular del núcleo talámico anterior ventral (Kuo & Carpenter, 1973), en tanto que la SNr proyecta al tálamo mediodorsal (Ilinsky, Jouandet & Goldman Rakic, 1985) proyectando de regreso a la corteza prefrontal dorsolateral en y alrededor del surco principal (Jacobson, Butters & Tovsky, 1978).

II. Circuito Orbitofrontal lateral y medial: el circuito orbitofrontal está comprendido por dos subcircuitos paralelos que se originan en las áreas 10 y 11 de Brodmann (Chow & Cummings, 1999). La corteza lateral orbitofrontal (área 10 de Brodmann) proyecta al sector ventromedial del núcleo caudado. Esta parte del núcleo caudado también recibe entradas de las áreas de asociación auditivas y visuales del giro temporal inferior y superior, respectivamente y también recibe entradas de las áreas de asociación auditivas y visuales del giro temporal inferior y superior, respectivamente (Selemon & Goldman-Rakic, 1985). Por otro lado, la corteza medial orbitofrontal (área 11 de Brodman) envía proyecciones al estriado ventral, específicamente al núcleo accumbens (Chow & Cummings, 1999). Ambas porciones proyectan al sector dorsomedial del globo pálido interno y a la porción rostromedial de la sustancia nigra pars reticulata (SNr) (Szabo, 1962). Esta última proyecta al núcleo del tálamo anteroventral y al núcleo del tálamo dorsomedial (Carpenter, Nakano & Kim, 1976). El “circuito cerrado” de los circuitos orbitofrontal lateral y orbitofrontal medial se completa con la regresión de las proyecciones de esas dos regiones talámicas a las cortezas orbitofrontal lateral y medial respectivamente (Ilinsky et al., 1985). Este circuito está involucrado en la iniciación de las conductas sociales y en la inhibición de las conductas inapropiadas. Las funciones orbitofrontales son relevantes en la evaluación de conductas riesgosas.

III. Circuito del Cíngulo Anterior: las neuronas del cíngulo anterior son el origen del circuito cíngulo-subcortical. Desde el área 24 de Brodmann, estas neuronas proyectan hacia el caudado ventromedial y putamen ventral (que juntos construyen el estriado ventral), al núcleo accumbens y al tubérculo olfatorio, es decir, a las áreas que constituyen el estriado límbico (Selemon & Goldman Rakic, 1985). Las proyecciones de estas estructuras se dirigen hacia la porción rostromedial del globo pálido y región rostródorsal de la SNr

(Haber, Lynd & Mitchells, 1990). El circuito se cierra con conexiones entre el pálido ventral y el núcleo talámico mediodorsal (Haber, Wolfe & Groenewegen, 1993) y desde la región dorsal de éste hacia la corteza cingular anterior (Giguere & Goldman Rakic, 1988).

Funciones de la corteza prefrontal

La principal y más general función de la corteza prefrontal es la organización temporal de las acciones hacia metas biológicas y cognoscitivas (Luria, 1966; Fuster 1997). Lo anterior se refiere a la ejecución de todas las formas de acción (movimientos somáticos, movimientos oculares, conducta emocional, realización intelectual, discurso, etc.). La corteza prefrontal, en particular la región lateral se especializa en la estructuración temporal de nuevas y más complejas series de acciones dirigidas a metas, así como en la forma de conducta, discurso o razonamiento (Fuster, 2002). La corteza prefrontal también ha sido vista como el centro para la integración entre las emociones y la cognición (Mitchell & Phillips, 2007).

Las conexiones recíprocas de la corteza prefrontal lateral con el hipocampo y con la corteza de asociación posterior son de especial importancia para los aspectos cognoscitivos de las conductas reguladas por esta área cerebral (Fuster, 2002). Una forma de entender lo anterior en términos fisiológicos, es considerando las poblaciones neuronales de la corteza prefrontal como constituyentes celulares de redes corticales ampliamente distribuidas representando las asociaciones entre los elementos que la integran. Esto puede implicar que la ejecución de la conducta estructurada temporalmente es el resultado de la activación de esas redes ejecutivas y la activación temporal de sus componentes neurales. Debido a lo anterior, es razonable esperar que las neuronas prefrontales responderán de forma similar (correlacionadas) al estímulo asociado y contingente de una tarea temporalmente estructurada (Fuster, 2002).

Por otro lado, de acuerdo con su tardía maduración y su expansión masiva durante la evolución en los primates, se cree que la CPF es fundamental en las habilidades cognoscitivas más sofisticadas, comúnmente llamadas “funciones ejecutivas”, tales como razonamiento, planeación, solución de problemas, y coordinación de la ejecución de múltiples tareas (Goldman-Rakic, 1987; Shallice, 1988).

Teorías de la función prefrontal

Los problemas asociados con las lesiones prefrontales en los humanos han sido conceptualizados como el efecto de un trastorno de atención (Luria, 1966), del razonamiento y la planeación (Shallice, 1982), de falta de control de la funcionalidad de las regiones posteriores (Teuber, 1972), de un sistema de atención supervisora que regula la activación de esquemas que controlan la conducta (Norman & Shallice, 1986) y de la habilidad para asir la esencia de una situación y utilizar experiencias pasadas para regular la conducta a través de la instrucción verbal propia o de otro (Luria, 1966). Los efectos de las lesiones prefrontales también han sido caracterizados como el resultado del deterioro en la iniciación y la activación espontánea de la conducta (Milner, 1964). Algunos de los efectos de las lesiones prefrontales han sido caracterizados como deterioro en la restricción conductual, emotividad social y particularidades globales de la personalidad (Luria, Karpoy & Yarbus, 1966).

Algunas teorías conceptualizan el funcionamiento prefrontal en términos de procesamiento cognitivo o de información (Rains, 2003). Por ejemplo, Duncan (1986) ha conceptualizado el funcionamiento prefrontal en términos de la mediación de una lista de metas que un individuo quiere alcanzar. Muchos de los deterioros observados después de lesiones prefrontales son consistentes con la noción de que el comportamiento no es guiado por metas. Otra teoría relacionada con lo anteriormente mencionado postula que la corteza prefrontal es crucial para la ejecución de acciones que están basadas sobre el conocimiento del comportamiento que es adaptativo en situaciones particulares, conocimiento que ha sido denominado guiones (Grafman, 1989; Schank, 1982). La perturbación de la ejecución de los guiones es un constructo consistente con muchos de los efectos de las lesiones prefrontales, como la perturbación de la conducta dirigida a metas.

Otras teorías están más ancladas a la neurobiología. Por ejemplo, Damasio (1994) ha conceptualizado los efectos perturbadores de las lesiones prefrontales sobre la capacidad para modificar la conducta (sobre la base de la retroalimentación como una disociación en

el procesamiento de la entrada visceral y esquelética por la corteza prefrontal orbital y la ausencia resultante de una respuesta emocional del individuo a las consecuencias de la conducta personal). Asimismo, Rolls (1995) ha sugerido que la corteza prefrontal orbital participa en la corrección de las respuestas efectuadas ante los estímulos que previamente estuvieron asociados con reforzamiento.

De forma general, no existe una teoría definitiva que explique todos los efectos conocidos de las lesiones prefrontales (Rains, 2003). Sin embargo, existe una teoría que es particularmente explicativa: la conceptualización de Goldman-Rakic de que la esencia del funcionamiento prefrontal es la regulación del comportamiento por medio del conocimiento representacional. Gran parte de la teoría de Goldman-Rakic está basada en hallazgos de experimentos con primates no humanos (ej: Goldman-Rakic, 1987) (Rains, 2003).

Síndromes prefrontales

No existe un patrón de deterioro que de manera confiable esté asociado con daño prefrontal. De hecho, se ha visto que las lesiones prefrontales pueden causar síntomas contrastantes e incluso contradictorios. Parte de esta variabilidad parece resultar del hecho de que las lesiones a diferentes regiones de la corteza prefrontal están asociadas con ciertos grupos de síntomas, aunque esta asociación no es del todo absoluta (Rains, 2003). Estas asociaciones han conducido a la conceptualización de tres síndromes prefrontales asociados con lesiones prefrontales dorsolaterales, orbitales y mediales (Fuster, 1997). A continuación se especifican cada uno de ellos:

Síndrome prefrontal dorsolateral. Las lesiones prefrontales dorsolaterales con frecuencia están asociadas con disminución de la excitación general. También están asociadas con deterioro de la atención, tanto selectiva como excluyente, y de la conducta que, en consecuencia es extremadamente vulnerable a la interferencia. Estas lesiones también están asociadas con apatía, pulsión disminuida, estado de alerta reducido y estado de ánimo deprimido. La memoria de trabajo y la integración temporal de la conducta también son deficientes después del daño prefrontal dorsolateral. Los pacientes con estas lesiones con frecuencia se involucran en conductas perseverativas. La habilidad de planeación está severamente perturbada, así como la habilidad para iniciar conducta

espontánea y deliberada y para mantenerla en forma adecuada para alcanzar las metas. Puesto que este síndrome tiene un efecto devastador sobre la función ejecutiva, ha sido llamado *síndrome disejecutivo*. Los pacientes con estas lesiones también pueden exhibir exclusión espacial y trastornos de la fijación de la mirada (Rains, 2003).

Síndrome prefrontal orbital. Los pacientes con lesiones prefrontales orbitales (ventrales) muestran un síndrome caracterizado por desinhibición de las pulsiones y liberación de la conducta de los mecanismos reguladores normales. Por tanto, en contraste con los pacientes con lesiones dorsolaterales, los pacientes con lesiones prefrontales orbitales exhiben expresiones desinhibidas de la pulsión, respuestas impulsivas a los estímulos ambientales y estado de ánimo elevado. Estos pacientes pueden ser hiperactivos y parecen tener energía ilimitada, la cual dirigen en forma desorganizada. Son proclives la conducta imitativa y de utilización. Como en el caso de las lesiones dorsolaterales, las lesiones orbitales también están asociadas con atención deteriorada. Sin embargo, los problemas de atención relacionadas con las lesiones orbitales parecen resultar de la interferencia entre las pulsiones internas y los estímulos externos, más que de un deterioro primario de procesos de control de la atención, como puede ser el caso de las lesiones dorsolaterales.

Los pacientes con lesiones prefrontales orbitales también tienen más posibilidades que los pacientes con lesiones dorsolaterales de exhibir despreocupación por las convenciones sociales y éticas y una falta de preocupación acerca del impacto de su conducta sobre otros (Rains, 2003). Estas conductas han causado que a estos pacientes se les compare con personas con sociopatía (Blumer & Benson, 1975).

Síndrome prefrontal medial. De los tres grandes síndromes prefrontales, el medial es el menos consistente y el menos definido. Sin embargo, las lesiones de la corteza prefrontal medial, que incluyen la circunvalación cingulada, están asociadas con deficiencia de la atención y perturbación de la motilidad. La apatía es un problema que también se observa después de lesiones de la corteza prefrontal medial (Rains, 2003). Las lesiones de la circunvolución cingulada anterior resultan en hipocinesia o, con lesiones grandes, en acinesia total (Meador, Watson, Bowens & Heilman, 1986).

Por otro lado una de las áreas corticales mayormente conectada con la corteza prefrontal ante diversas funciones, principalmente de alto nivel cognoscitivo, así como de tipo visoespacial, es la corteza parietal, la cual se menciona a continuación.

Corteza parietal

El lóbulo parietal se sitúa en la parte superior de los lóbulos temporal y occipital, situándose en la mitad posterior y superior de cada hemisferio. Este lóbulo recibe información sensorial de todas las partes del cuerpo: de los receptores sensoriales de la piel, los músculos, y las articulaciones. Los mensajes de estos receptores sensoriales se registran en las llamadas áreas de proyección sensorial. El lóbulo parietal contribuye a las habilidades espaciales, como la habilidad para leer un mapa ó para indicar a alguien como llegar a algún lugar. Interviene en la percepción espacial y en la memoria para la planeación de ejecución de secuencias motoras. Desde el punto de vista evolutivo la parte anterior y posterior de los lóbulos parietales difieren una de la otra (Hyvärinen, 1982).

El lóbulo parietal anterior consiste en las áreas 3, 1 y 2 de Brodmann. El lóbulo parietal anterior es conocido también como corteza somatosensorial primaria (SI). La segunda corteza somatosensorial (SII) es el operculum parietal (área 5 de Brodmann). Además está establecido que la parte anterior del lóbulo parietal (giro postcentral), está involucrado en la orientación de movimientos somestésicos y somáticos. La corteza somatosensorial primaria recibe entradas principalmente del complejo talámico ventrobasal (Hyvärinen, 1982).

Brodmann en 1907 subdividió la parte superior posterior del lóbulo parietal en las áreas 5 y 7 y la parte inferior posterior del lóbulo parietal en las áreas 39 y 40. El lóbulo parietal posterior es también llamado corteza de asociación. Las conexiones neurales de esta área son complejas. No hay entradas específicas a las áreas 5 y 7, éstas reciben una multitud de conexiones de varias regiones corticales y subcorticales. De la misma forma, sus proyecciones eferentes se dirigen a numerosas regiones cerebrales. La abundancia de conexiones neuronales directas del lóbulo parietal posterior sugiere que su funcionalidad es igual de compleja. Las áreas parietales posteriores tienen sus principales conexiones (la mayor parte de ellas reciprocas) con regiones corticales sensoriales (somatosensorial y

visual), con una gran parte del lóbulo frontal, el sulcus temporal superior, el cíngulo, las áreas homologas del hemisferio opuesto, los ganglios basales, la parte pulvinar del tálamo, el núcleo pulvinar lateral y ventrolateral, los colículos superiores y con el núcleo pontino (Hyvärinen, 1982).

Funciones de la corteza parietal

El término somestesia o somatoestesia significa capacidad sensorial para identificar las sensaciones corporales. El procesamiento somestésico se localiza en la zona anterior del lóbulo parietal y está integrado por áreas primarias y asociativas. Las áreas primarias se localizan en el giro postcentral y son el lugar de recepción de los estímulos procedentes de los núcleos ventrales del tálamo que transmiten información somatosensorial referente a las sensaciones de dolor, vibración, temperatura, tacto, presión posición y movimiento procedentes de los receptores sensoriales situados en la piel, las articulaciones, los músculos y las vísceras. Las áreas somestésicas de asociación están situadas en la zona posterior del lóbulo parietal, en la convergencia con los lóbulos occipitales y temporales y son responsables de sintetizar e integrar los estímulos sensoriales somáticos, permitiendo dotarlos de significado así como tomar conciencia de la posición de nuestro cuerpo, de los objetos que nos rodean y su situación espacial. Si le pedimos a un sujeto que palpe un objeto sin verlo y posteriormente le pedimos que lo seleccione visualmente entre varios objetos presentados, la persona debe integrar la información visual y táctil para llegar a una única percepción del objeto. Esta función integradora de la corteza asociativa es una forma superior de análisis perceptivo relacionado con procesos cognoscitivos más sofisticados como pensamiento y razonamiento (Portellano, 2005).

Existe asimetría funcional entre ambos lóbulos parietales, ya que la región asociativa parietotemporal izquierda está más especializada en el procesamiento de la información simbólica-analítica que se relaciona con el lenguaje y la aritmética, mientras que la zona homóloga del lóbulo parietal derecho tiene una representación espacial integrada, especialmente visual y auditiva (Portellano, 2005).

Los sectores posteriores de la sección parietal inferior (área 39 de Brodmann), constituyen una de las regiones corticales más antiguas del cerebro y unifican los aparatos

centrales de los analizadores cinestésico vestibular y visual, y la lesión de esta área conduce a una perturbación de las formas más complejas de las síntesis óptico-espaciales, a la pérdida de la orientación en el espacio y a la apraxia espacial (Luria, 1966).

Conexiones de la corteza prefrontal y parietal y su papel en el control cognoscitivo

La corteza prefrontal dorsolateral y la corteza parietal posterior están anatómicamente y funcionalmente interconectadas y han sido implicadas en la memoria de trabajo y en la preparación para la realización de acciones (Quintana & Fuster, 1999). Asimismo, los procesos de control cognoscitivo nos permiten ajustar nuestro comportamiento a las demandas ambientales. Aunque algunos estudios neuropsicológicos sugieren que la región cortical crítica para el control cognoscitivo es la corteza prefrontal, otros estudios que utilizaron resonancia magnética han enfatizado la interacción de las cortezas prefrontal y parietal. Esto propone que existen diversas contribuciones de áreas prefrontales y parietales en el control cognoscitivo. Se ha asumido que la corteza prefrontal predispone el proceso en regiones posteriores del cerebro. Lo anterior conduce a la hipótesis de que la actividad de las neuronas en la corteza prefrontal debe preceder a la actividad parietal en el control cognoscitivo (Brass, Ullsperger, Knoesche, Von Cramon & Phillips, 2005). De acuerdo a lo anterior, en un estudio realizado por Brass et al. (2005), se probó esta aseveración combinando estudios de resonancia magnética funcional (fMRI) (de alta resolución espacial) con potenciales relacionados a eventos (ERPs) (de alta resolución temporal). En este paradigma, se indicó la misma tarea a través de dos señales diversas y después se comparó con una situación en donde dos señales indicaron diversas tareas. Solamente la última condición requirió la actualización (o renovación de indicación) del sistema de la tarea. La actualización de la tarea estuvo asociada a una desviación negativa de la línea media del ERP que se elevó alrededor de los 470 milisegundos. Después los investigadores realizaron otro registro con resonancia magnética funcional (fMRI) similar al anterior enfocado en las regiones activadas (parte izquierda de la corteza frontal inferior, parte frontal inferior derecha y la corteza parietal derecha) considerando las direcciones y magnitudes al efecto del ERP. Los dipolos frontales contribuyeron más al efecto de ERP anterior que el dipolo parietal, llegando a la conclusión de que la corteza prefrontal está

implicada en la actualización de las representaciones generales de la tarea y las asociaciones relevantes del aspecto estímulo-respuesta en la corteza parietal (Brass et al. 2005).

Por otro lado, algunos estudios de lesiones y de imagenología cerebral han encontrado que las cortezas prefrontal y parietal están implicadas en el proceso aritmético, sin excluir la posibilidad de que estas áreas también están implicadas en operaciones no aritméticas (Menon, Rivera, White, Glover & Reiss, 1999).

Por su parte, Jae-Jin Kim et al. (2003) realizaron un estudio con pacientes con esquizofrenia y sujetos sanos. Utilizaron la técnica de tomografía por emisión de positrones (TEP) mientras los sujetos realizaban una tarea de memoria de trabajo, la cual consistió de estímulos proyectados visualmente con dibujos simples, tales como círculos, rectángulos o triángulos en color blanco en un fondo negro en el monitor de una computadora. En la condición experimental, se les requirió a los sujetos monitorear continuamente una secuencia de estímulos y responder si se presentaba un círculo después de determinado estímulo intermedio. La condición control fue responder cuando se presentaba un círculo. Los resultados fueron los siguientes: no se observaron diferencias significativas en la proporción de respuestas correctas, sin embargo se encontraron diferencias significativas entre los dos grupos en el flujo sanguíneo cerebral en lo siguiente: se observó una activación prefrontal dorsolateral alrededor del surco frontal superior en los sujetos sanos, y una activación prefrontal ventrolateral debajo del surco frontal inferior derecho en los pacientes esquizofrénicos. La activación en la corteza prefrontal lateral derecha estuvo correlacionada con la activación en la región parietal inferior bilateral en los sujetos sanos pero no estuvo correlacionada con ninguna otra activación en los pacientes esquizofrénicos. En otro estudio realizado por Huettel, Song & McCarth (2005), se indujo incertidumbre en toma de decisiones usando una tarea novedosa que requirió basar las decisiones sobre un tema en una secuencia binaria de ocho estímulos, de manera que la incertidumbre cambiara dinámicamente en un cierto plazo, correspondientes a los estímulos que fueron presentados. La activación de las cortezas prefrontal (dorsolateral), parietal (posterior) e insular, aumentó con el incremento de incertidumbre. En cambio, dentro de regiones frontales intermedias, así como motoras y las cortezas visuales, la activación no aumentó con el

incremento de incertidumbre. Se concluyó que la respuesta del cerebro a la incertidumbre depende de las demandas de la tarea experimental. Cuando la incertidumbre depende de asociaciones entre los estímulos y las respuestas, esta modula la activación en los lóbulos frontales intermedios. Sin embargo, cuando la incertidumbre se desarrolla en escalas a corto plazo de forma excesiva mientras que la información se acumula hacia una decisión determinada, las contribuciones parietales, prefrontales y posteriores dorsales son críticas para su resolución.

En otro estudio, realizado por Diwadkar, Carpenter & Just (1999), utilizaron resonancia magnética funcional para determinar cómo los componentes corticales que favorecen la red dinámica de la memoria de trabajo espacial responden a dos tipos de aumentos en la complejidad de la tarea. Los participantes mantuvieron mentalmente la localización más reciente de uno o tres objetos mientras los tres objetos se movían discretamente dentro de dos o tres dimensiones. Hubo un aumento en la activación cortical prefrontal dorsolateral, y la activación de la corteza parietal aumentó en función del número de las localizaciones del objeto que se mantenía y de la dimensionalidad de la exhibición. En el análisis de imagenología cerebral se mostró activación solamente cuando se impuso alto nivel de la demanda. Una proporción más pequeña fue activada específicamente en respuesta a los aumentos en la demanda de la tarea asociada a cada uno de las variables independientes. Un segundo experimento reveló el mismo efecto de la dimensionalidad en la corteza parietal cuando el movimiento de objetos fue señalado auditivamente más que visualmente, indicando demandas adicionales de representación inducidas cerca del espacio tridimensional, el cual es independiente de la modalidad de la entrada. La modulación de la activación, en las áreas prefrontal y parietal, por la cantidad de demanda sugiere que la colaboración entre estas áreas es básica para la memoria de trabajo espacial.

Por otro lado, Carrillo-de-la-Peña y García-Larreab (2007) realizaron un estudio cuyo objetivo era investigar los cambios en la coherencia relacionada a eventos (ERCOh) asociada a la buena o mala resolución de la prueba de Clasificación de Cartas Wisconsin (WCST). Para esto registraron potenciales en un grupo de 30 estudiantes universitarios (entre 18 y 23 años, 21 mujeres y 9 hombres) mientras ejecutaban una versión computarizada de la prueba WCST. Se calculó la coherencia relacionada a eventos para las

áreas frontal y parietal en dos momentos específicos: inmediatamente antes de la respuesta y después de las claves de retroalimentación. Estos investigadores encontraron que los malos ejecutantes presentaron una baja coherencia relacionada a eventos de manera significativa en la región frontal derecha (en las bandas alfa, beta1 y beta2), mientras que en la región parietal no hubo diferencias consistentes por grupo. Además, la consistencia del acoplamiento funcional entre los electrodos mediales frontales y frontales derechos fue un buen predictor de los parámetros conductuales de la ejecución del WCST, tal como el porcentaje de errores perseverativos del número de categorías logradas. Estos investigadores sugieren que la corteza prefrontal derecha está involucrada específicamente en las funciones ejecutivas, tal como la planeación y la reflexión, relacionadas con la ejecución del WCST. Además, estos investigadores consideran que los valores de coherencia frontal, pero no los posteriores, se correlacionan con funciones frontales tales como la habilidad para cambiar una respuesta e inhibir la perseveración. Además, los índices de la coherencia frontal parecen discriminar entre buenos y malos ejecutantes del WCST en este grupo.

Por su parte, Mizuhara, Wang, Kobayashi & Yamaguchi (2005) realizaron una investigación en la que participaron 8 sujetos masculinos de edades entre 21 y 35 años. Se utilizaron dos técnicas: EEG y resonancia magnética funcional (fMRI). El experimento consistió de dos condiciones, una en descanso con ojos cerrados y otra ejecutando una tarea mental aritmética con los ojos cerrados. Cada condición tuvo 5 estados con 30 segundos de duración. Tanto la condición de descanso como la tarea aritmética fueron presentadas alternadamente a los sujetos 5 veces en cada ensayo. Durante el estado de la tarea aritmética, se les pidió a los sujetos continuamente sustraer un dígito singular constante del número 1000 con los ojos cerrados. Este dígito singular fue elegido al azar y presentado por voz al sujeto al comienzo de cada estado aritmético. Se daba un sonido al comienzo de cada estado de descanso para indicar el final del estado aritmético. Se examinaron dos ensayos para cada sujeto. Los resultados de este estudio indicaron que la potencia de theta en la línea media frontal durante la condición aritmética fue significativamente mayor que durante la condición de descanso. Los resultados indican incrementos significativos de flujo sanguíneo en las regiones distribuidas, incluyendo las cortezas parietal y prefrontal lateral

relativos a los de la condición descanso. Además, se encontraron decrementos de flujo sanguíneo durante la tarea aritmética mental también en varias zonas de la corteza, incluyendo las cortezas medial frontal y temporal. Asociado con la fase de sincronización entre los sitios frontal derecho y parietal izquierdo, la corteza prefrontal dorsolateral derecha e izquierda mostró respuestas significativas. Además, los análisis de correlación de las señales de flujo sanguíneo en esas regiones mostraron que la conectividad de señales sanguíneas en el giro occipital superior a los de la corteza prefrontal dorsolateral derecha incrementó significativamente durante la tarea aritmética mental en relación al estado de descanso. Lo anterior fue análogo a la de la sincronización de la fase theta de la actividad EEG. Por otro lado, la fase de sincronización theta se encontró en las regiones corticales responsables de la función ejecutiva más que aquellas responsables del control atencional. Estos resultados, aunados a estudios previos, sugieren que la fase de sincronización theta está comprometida con la función ejecutiva mientras que, por ejemplo, la fase de sincronización beta lo estaría más con el control atencional (Gross et al., 2004; Mizuhara et al., 2005).

Funciones ejecutivas

El término “funciones ejecutivas” o “control ejecutivo” ha sido ampliamente utilizado considerándolo tanto en animales como en humanos como una de las funciones más complejas que éstos realizan y cuyo propósito es el logro de una meta. La función ejecutiva fue descrita primero por Baddeley y Hitch (1974) como un “ejecutivo central” y después definida por Lezak (1982) como una dimensión de la conducta humana que concierne a “como” es expresada la conducta.

Actualmente, aunque existen varias definiciones, de forma general, las funciones ejecutivas se pueden considerar como aquellos mecanismos implicados en la optimización de los procesos cognitivos orientados hacia la resolución de situaciones complejas. Entre los procesos implicados en las funciones ejecutivas cabe destacar la memoria de trabajo, la orientación y adecuación de los recursos atencionales, la inhibición y la monitorización de la conducta (Tirapu et al., 2008).

Por otro lado, Jurado y Roselli (2007) consideran que, particularmente en los humanos, las funciones ejecutivas median la habilidad para organizar nuestros pensamientos dirigidos a metas y son, por lo tanto, esenciales para lograr el éxito en situaciones escolares o de trabajo, así como en otros ámbitos de la vida diaria. El concepto de moralidad y conducta ética también representan una función ejecutiva.

Con respecto a la relación de las funciones ejecutivas con las áreas cerebrales implicadas en éstas, Luria (1966) identificó a los lóbulos frontales como “el aparato esencial para la organización de la actividad intelectual como un todo, incluyendo la programación de actos intelectuales y el monitoreo de la conducta”. De acuerdo a lo anterior y a las observaciones realizadas en pacientes con lesiones, se ha considerado que la región más implicada en las funciones ejecutivas es el área cortical frontal (Stuss & Levine, 2002), específicamente la corteza prefrontal (Royall, Lauterbach, Cummings, Reeve, Rummans, & Kaufer, 2002). Además, Royall et al. (2002) consideran que existen diferentes aspectos que afirman lo anterior, entre los que destacan los siguientes: 1.-La corteza prefrontal está conectada a más regiones cerebrales que ninguna otra región cortical. 2.- Las áreas frontales son “metamodales”: reciben entradas corticales directas sólo de otras áreas de asociación heteromodales y están localizadas para actuar sobre la información procesada en niveles más bajos. 3.- La corteza prefrontal es el mayor blanco neocortical para la información procesada en los circuitos límbicos. Además, es la única región localizada para integrar información cognitiva y sensoriomotora con valencias emocionales y motivaciones internas. 4.- Aunque amplias áreas de la corteza proyectan a los circuitos ganglio-talamo-corticales, la corteza prefrontal es el mayor blanco de esos sistemas. Además, los lóbulos frontales son la única región cortical capaz de integrar información motivacional, mnemónica, emocional, somatosensorial e información externa dentro de acciones unificadas dirigidas a metas.

Además, el grupo de anormalidades conductuales y cognitivas encontradas en los pacientes con lesiones frontales son conocidas como “síndrome disejecutivo” (Baddeley y Wilson, 1988), el cual incluye problemas en la planeación, organización, razonamiento abstracto, solución de problemas y toma de decisiones (Ardila & Surloff, 2004).

Sin embargo, se ha sugerido que tanto la corteza frontal como la asociativa posterior median las funciones ejecutivas, siendo, además, fundamentales las amplias redes corticales que incluyen las estructuras subcorticales y las vías talámicas (Jurado & Roselli, 2007). Además, las lesiones corticales frontales no necesariamente causan deterioro ejecutivo. Parece que hay diferencias regionales en las secuelas conductuales de las lesiones corticales prefrontales, por ejemplo: el daño a la corteza prefrontal dorsolateral deteriora la planeación, la generación de hipótesis y el control de la conducta; las lesiones ventrolaterales afectan la codificación y recuperación de la memoria; el daño a las regiones orbitofrontales deteriora el *insight*, juicio y control de impulsos; mientras que las lesiones a las regiones mesiofrontales/cíngulo anterior causan indiferencia y descontrol atencional. Además, el perfil neuropsicológico disejecutivo de los desórdenes corticales, se presenta también en demencias subcorticales del sistema frontal. Por otro lado, se ha considerado que la controversia acerca de una definición formal de las funciones ejecutivas hace que la evaluación precisa de estas funciones sea una tarea imposible, considerándose dos limitaciones principales en la evaluación de las funciones ejecutivas: a) la mayoría de las pruebas que evalúan estas funciones usan resúmenes o puntos finales que no facilitan el aislamiento y la cuantificación de las características específicas de las funciones ejecutivas, tales como planeación, razonamiento y solución de problemas. b) La otra limitación se refiere a la pobre validez ecológica de las pruebas de funciones ejecutivas. Además, las funciones ejecutivas controlan la ejecución de otros dominios cognitivos. Debido a lo anterior, algunas tareas que fueron previamente adscritas a dominios no ejecutivos deben ser sensibles a la patología del sistema frontal porque requieren del control ejecutivo (Jurado & Roselli, 2007).

Debido a la complejidad del término funciones ejecutivas, se han utilizado múltiples modelos para explicarlas de una forma más clara y concreta. Entre los principales modelos utilizados destacan los siguientes:

Dentro de los modelos de sistema simple, la *teoría de la información contextual* considera que el contexto es un elemento clave para las funciones ejecutivas. Por otro lado, dentro de los *modelos de constructo único*, los modelos de memoria de trabajo, consideran la importancia de las subdivisiones de la corteza prefrontal y la especificidad de sus

funciones, de esta manera, se considera que la región dorsolateral medial frontal controla el mantenimiento de información en línea, monitoreo y manipulación de estímulos, mientras que la región ventrolateral medial controla el mantenimiento de información en la memoria de trabajo (Petrides & Milner, 1982). Además, las funciones de la memoria de trabajo dependen de las conexiones de la corteza prefrontal con sus conexiones con la corteza parietal, controlando la memoria de trabajo de tipo visoespacial; mientras que la corteza prefrontal con sus conexiones con la corteza temporal controla la memoria de trabajo relacionada con las formas de los objetos (Goldman Rakic, 1987, 1988 y 1998). Asimismo, uno de los modelos de constructo único ha considerado que las funciones ejecutivas en general dependen de un factor en específico; así se ha considerado que el factor 'g' controla los procesos cognitivos para orientarlos hacia la resolución de situaciones complejas (éxito en un amplio rango de tareas) (Duncan & Miller, 2002). Mientras que el factor 'i', considerado como sinónimo de 'inteligencia ejecutiva', se ha relacionado con el 'reconocimiento de patrones' (concepto equiparable a "sabiduría"), así como una mezcla de factores hereditarios y ambientales.

Contrario al modelo propuesto anteriormente, se han considerado *modelos de procesos múltiples*, cuya característica común es la afirmación de que las funciones ejecutivas dependen de diferentes procesos que son independientes y que requieren una participación específica, dependiendo de la tarea a realizar. Entre estos modelos se encuentran los siguientes: los modelos factoriales y de control ejecutivo, consideran diversos componentes, por ejemplo, Miyake et al. (2000, 2001) consideran tres componentes ejecutivos claramente diferenciados, aunque no totalmente independientes: la actualización, la inhibición y la alternancia. Por su parte Boone et al. (1998), consideran tres factores ejecutivos: la flexibilidad cognitiva, la velocidad de procesamiento y la atención básica y dividida junto a memoria a corto plazo. Además, Busch, McBride, Curtiss, y Vanderploeg (2005) afirman que las funciones ejecutivas se componen de los siguientes elementos: 1.- las funciones ejecutivas de alto nivel con dos componentes: la conducta autogenerada y la flexibilidad cognitiva. 2.- el control cognitivo: la memoria de trabajo y 3.- la inhibición. Por otro lado Pineda, Merchan, Rosselli, & Ardila, (2000) por su parte, consideran 4 factores independientes: 1.- la organización y la flexibilidad, 2.- la

velocidad de procesamiento, 3.- el control inhibitorio y 4.- la fluidez verbal. Y por último Ríos, Periañez, & Muñoz-Céspedes (2004) han considerado 4 factores: 1.- la velocidad de procesamiento, 2.- la flexibilidad cognitiva, 3.- la memoria operativa y 4.- el control de la interferencia.

Asimismo se han considerado otros modelos, tales como: el *modelo de los ejes diferenciales en el control ejecutivo*, el cual considera que hay dos ejes diferenciales en el cerebro:

1.- Antero-posterior.- Las funciones cognitivas menos complejas dependen de zonas posteriores, mientras que las más complejas dependen de zonas más anteriores, como la corteza prefrontal lateral, la cual es la responsable del control ejecutivo, y 2.- Medial-lateral.- La corteza prefrontal medial controla las funciones relacionadas con las expectativas internas del sujeto y se activa ante secuencias esperadas; mientras que la corteza prefrontal lateral depende de contingencias ambientales y se activa ante secuencias inesperadas (Koechlin & Summerfield, 2007).

Por otro lado, la hipótesis de la representación jerárquica de los lóbulos frontales considera a la estructura temporal de la corteza prefrontal a través de 3 funciones: - función retrospectiva de memoria a corto plazo, - función prospectiva de planeación y - control y supresión. De esta manera se considera que la corteza prefrontal tiene 3 funciones cognitivas básicas: la memoria a corto plazo o de trabajo, la selección y preparación de la conducta y el control inhibitorio. Además, en la organización temporal hay 4 mecanismos fundamentales: el control inhibitorio, la memoria operativa, el set preparatorio y un mecanismo de supervisión. (Fuster, 1997, 1999 y 2002).

Otro *modelo es el del Sistema atencional supervisor*, el cual considera que el comportamiento humano es mediado a través de esquemas mentales por las entradas de estímulos externos y la acción correspondiente. Hay algunas conductas que no requieren al sistema atencional supervisor, como las conductas automáticas. Sin embargo todas aquellas conductas que requieran de planeación, toma de decisiones, búsqueda de soluciones desconocidas a un problema, secuencias de acciones mal aprendidas o con nuevos elementos o situaciones de alta complejidad o para superar un hábito sobre aprendido, requieren este sistema. Este modelo se compone de 4 elementos: las unidades cognitivas,

los esquemas, el moderador de conflictos y el Sistema Atencional Supervisor (SAS) (Norman & Shallice, 1986).

Otro modelo relacionado con el anterior es el *de control atencional*, el cual considera que un esquema es una red de neuronas interconectadas que pueden activarse por entradas sensoriales, por otros sistemas o por el sistema de control ejecutivo. La actividad de selección de un esquema está activa durante el tiempo requerido (activación mantenida por el sistema de control ejecutivo). El epicentro de este modelo es la atención. Existen 7 funciones atencionales: el mantenimiento, la concentración, la supresión, la alternancia, la preparación, la atención dividida y la programación; además se consideran 3 procesos fundamentales relacionados con la atención: la energización, la programación de tareas y la monitorización (Stuss et al., 1995).

Otro *de los modelos principales es el de la Corteza prefrontal dorsolateral y modelos de Christoff y Burguess*, que considera que cuando se presenta un incremento en la dificultad de las pruebas, se presenta una mayor activación en la corteza prefrontal rostralateral. La corteza prefrontal dorsolateral evalúa la información externa, mientras que la corteza prefrontal rostralateral evalúa la información interna.

Por último *el modelo de la hipótesis de entrada del control ejecutivo*, considera que hay formas de cognición provocadas por experiencias perceptivas y otras en su ausencia; que hay representaciones provocadas por estímulos internos y externos; que hay un probable sistema cerebral que determina la fuente de activación; y que tal vez lo anterior lo lleva a cabo la corteza prefrontal rostral, cuyas lesiones provocan un deterioro en las tareas que requieren una conducta autoorganizada con solución abierta a distintas posibilidades (Christoff & Owen, 2006).

Por otro lado, Zelazo & Müller (2002) consideran que, aunque las funciones ejecutivas pueden ser entendidas en términos de dominio bastante general, se puede hacer una distinción entre el desarrollo de los aspectos afectivos de las funciones ejecutivas (*hot*) asociados con la corteza prefrontal orbitomedial, y el desarrollo de los más puramente aspectos cognitivos (*cool*) asociados con la corteza prefrontal dorsolateral. Los modelos de FE han estado basados tradicionalmente en la cognición (*cool*), y así una cuestión

interesante para investigaciones futuras concierne al papel de aspectos afectivos (*hot*) en FE y su relación con la cognición (*cool*).

De acuerdo a lo anterior, Damasio (1998) considera que el propósito de razonar es decidir, y la esencia de la decisión es seleccionar una opción de respuesta. Lo anterior supone que el que toma una decisión conoce a) la situación que la exige, b) las distintas opciones (respuestas) de acción y c) las consecuencias inmediatas o futuras de cada una de esas opciones. Además, quien decide posee los mecanismos necesarios para el proceso de razonamiento, entre los que se suele mencionar la atención y la memoria operativa; pero nada se dice de la emoción y el sentimiento, y prácticamente nada sobre los mecanismos que generan un variado repertorio de opciones para ser seleccionadas. La experiencia vivida a lo largo de nuestra vida hizo que el cerebro vinculara sólidamente un estímulo con su respuesta más ventajosa. La “estrategia” de selección de respuesta ahora consiste en activar el nexo entre estímulo y respuesta, de modo que la implementación de la acción es rápida y automática y no requiere de esfuerzo ni de deliberación. De acuerdo a lo anterior, para resolver un problema hay dos posibilidades precisas por lo menos: 1.- una concepción “racional” tradicional de la toma de decisiones; 2.- otra que deriva de la “hipótesis del marcador somático”.

La primera posibilidad considera a la atención y a la memoria operativa, pero se sabe que éstas tienen una capacidad limitada. Es por ello que el cerebro trabaja con algo más que la razón, por lo que necesita una concepción alternativa: el marcador somático, el cual se refiere a lo siguiente:

En la vida diaria, ante la posibilidad de tomar una mala decisión, se tiene un sentimiento visceral displacentero (somático), y marca una imagen (marcador). Este marcador somático obliga a enfocar la atención en el resultado negativo de una acción determinada, y funciona como una señal de alarma automática. Dicha alarma protege contra pérdidas futuras y permite elegir entre menos alternativas, por lo que los marcadores somáticos probablemente aumentan la precisión y la eficiencia del proceso de la toma de decisión, tanto de peligro, como de acción. Los marcadores somáticos son un caso especial de sentimientos generados a partir de emociones secundarias. Estas emociones y sentimientos se han conectado, mediante el aprendizaje, a futuros resultados, previsibles en

ciertos escenarios. Los marcadores somáticos están muy relacionados con la intuición, la cual es el dispositivo misterioso que nos permite resolver un problema sin razonarlo. Inventar es elegir. La creación se apoya en “la acción combinada de intuición y razón”. La ausencia, alteración o debilitamiento de los marcadores somáticos conduce a tomar decisiones inadecuadas o desventajosas. Este déficit se produce en pacientes con lesiones frontales ventromediales y otras regiones frontales, como la corteza prefrontal dorsolateral y cingulada, así como en pacientes con lesiones bilaterales en la amígdala, en los que se da la incapacidad de experimentar adecuadamente emociones y de generar respuestas vegetativas ante estímulos aversivos.

Por otro lado, la evaluación de las funciones ejecutivas se ha realizado de maneras distintas. Una de las principales herramientas utilizadas para tal propósito han sido las pruebas neuropsicológicas, de las cuales, entre las más utilizadas se pueden mencionar: la prueba de Stroop, la prueba de Clasificación de Cartas de Wisconsin (WCST), las Torres de Hanoi y las Torres de Londres, entre muchas otras. Todas estas pruebas han sido fundamentales para determinar la funcionalidad cerebral, ya que para su ejecución es indispensable la activación de diversas áreas cerebrales, entre las que destaca la corteza prefrontal. Este estudio se ha enfocado en dos de las tareas más utilizadas para evaluar las FE y a la corteza prefrontal: la Prueba de Clasificación de Tarjetas de Wisconsin (WCST) y las Torres de Hanoi (TOH).

Test de clasificación de tarjetas de Wisconsin (WCST) (Grant & Berg, 1948)

Consiste en 4 tarjetas de muestra y 128 tarjetas estímulo (respuesta) que contienen figuras de varias formas (círculos, cruces, triángulos, estrellas), colores (verde, azul, rojo y amarillo), y distinto número de figuras (1, 2, 3, 4). El sujeto debe emparejar las tarjetas de respuesta con las tarjetas muestra, deduciendo los criterios para hacerlo correctamente de la información que le proporciona el examinador en cada ensayo. En esta prueba se obtienen múltiples puntuaciones de rendimiento ligadas a diferentes procesos cognoscitivos: número de categorías completas, fallos en mantener la categoría (incapacidad para mantener una estrategia adecuada), porcentaje de respuestas perseverativas (persistencia en responder

según un criterio que es incorrecto), porcentaje de errores perseverativos y no perseverativos, y porcentaje de respuestas de nivel conceptual (eficacia conceptual).

Funciones ejecutivas que evalúa la prueba WCST

Esta prueba se desarrolló originalmente con el objetivo de evaluar el razonamiento abstracto y la habilidad para cambiar las estrategias cognitivas como respuesta a eventuales modificaciones ambientales. Es en este sentido que el WCST puede considerarse como una medida de función ejecutiva, que requiere habilidad para desarrollar y mantener las estrategias de solución de problemas que resultan adecuadas para conseguir un objetivo a través de condiciones que implican cambios de estímulos. Además el WCST también se menciona frecuentemente como un test que evalúa el funcionamiento prefrontal (Soprano, 2003). Grant y Berg (1948) consideraron esta tarea como un índice de razonamiento abstracto, formación de conceptos y respuesta a estrategias para cambiar contingencias contextuales. Así mismo, Schuepbach et al. (2002) consideran que el WCST en sujetos normales evalúa procesos tales como la conceptualización, categorización y cambio de reglas. Además consideran que esta tarea requiere la categorización visual de los ítems de acuerdo con un principio de cambio temporal. El WCST mide no sólo la memoria de corto plazo sino también la habilidad de entender la interferencia de memorias inoportunas, así como la planeación y preparación de actos. Por otro lado, Barceló (2001) considera que los hallazgos de las investigaciones actuales sugieren que las puntuaciones del WCST no pueden ser consideradas como marcadores válidos ni específicos de disfunción prefrontal, debido a que las puntuaciones de esta tarea mezclan procesos cognoscitivos y neuronales muy heterogéneos; sin embargo sí proporcionan claves para actualizar nuestro conocimiento acerca de la funcionalidad prefrontal.

Torres de Hanoi (TOH)

Esta prueba consiste en lo siguiente: se tienen tres torres, en una de ellas hay n discos de diferentes tamaños, organizados de manera que el mayor esta debajo de los demás y así sucesivamente. El problema consiste en mover todos los discos a otra torre, pero con la

condición de mover sólo uno cada vez, los discos siempre tienen que estar en una de las torres y nunca se puede colocar un disco mayor sobre uno menor.

Funciones ejecutivas que evalúan las TOH

Las Torres de Hanoi actualmente son consideradas como una prueba de organización y programación visoespacial de una secuencia de movimientos y de memoria operativa que mide funciones ejecutivas, específicamente memoria de trabajo, planeación e inhibición. Finchman, Carter, Vincent, Adrew & Anderson (2002) utilizaron una versión de TOH como una medida de *planeación*, puesto que este proceso, en la tarea, es comparable con la planeación que se lleva a cabo en la vida diaria ya que, por ejemplo, para ir a algún lugar, siempre elegimos la ruta más eficiente. De la misma forma, Cardoso & Parks (1998), consideran que la planeación es “la identificación y organización de los pasos y elementos necesarios para llevar a cabo una intención o lograr una meta”; tal definición constituye un elemento crítico en la exitosa ejecución de las TOH. Asimismo, Simon (1975) consideró a las TOH como una tarea prototipo en el estudio de cognición de alto nivel (*razonamiento complejo*), *solución de problemas*, y *aprendizaje por procedimientos*. Sin embargo, Goel y Grafman (1995) consideran que la habilidad de planeación no es suficiente para resolver la tarea de Torres de Hanoi, porque se puede ver hacia delante todo lo que se quiera, pero al menos que no se vea el “truco”, el movimiento intuitivo hacia atrás, no se resolverá el problema. Estos investigadores sugieren que esta prueba evalúa más bien *memoria de trabajo* y la *resolución del conflicto meta-submeta*.

Por otro lado, Handley, Capon, Capon & Harper (2002) consideran que, en la ejecución de las TOH, juega un papel fundamental la capacidad de la *memoria de trabajo espacial*, ya que la realización de la tarea requiere, más que un componente verbal, un componente espacial (Ahonniska, Ahonen, Aro, Tolvanen & Lyytinen, 2000; Welsh, Pennington, & Groisser, 1991). Además, se dice que la memoria de trabajo es necesaria para la generación y almacenamiento provisional de submetas, lo cual es necesario para planear y ejecutar una serie de respuestas (Goel & Grafman, 1995). En esta tarea, la planeación puede ser confundida con el conflicto meta-submeta. Las TOH también han sido

implicadas en la *inhibición* de movimientos incorrectos (Krikorian, Bartok, & Gay, 1994), monitoreo de la propia conducta y *revisión de planes (monitoreo)* cuando es necesario (Welsh, Cicerello, Cuneo, & Brennan, 1994). Por otro lado, Cavedini, Cisima, Riboldi, D'Annuncci, & Bellodi, (2001) realizaron un estudio en el que compararon 122 sujetos diagnosticados con el síndrome obsesivo-compulsivo y 58 sujetos control pareados por edad. Estos autores tomaron en consideración que la corteza prefrontal juega un papel importante en las funciones “declarativas” y los ganglios basales en funciones de “procedimiento”. Este último incluye aspectos de habilidad de *solución de problemas, flexibilidad cognoscitiva, y planeación* (Heindel, Salmon, & Shults, 1989), tal como la tarea de TOH (Shallice, 1982), la cual fue la tarea que se les aplicó en tres versiones con diferente grado de dificultad. Potencialmente las TOH pueden ser flexibles en su aplicación y, con algunos cambios en su metodología, puede ser usada para estudiar tanto áreas corticales como subcorticales y diferentes aspectos de solución de problemas, tales como la sensibilidad a la retroalimentación, conocimiento de reglas y observación; por lo tanto estos investigadores consideran que la diferencia en la ejecución y las áreas cerebrales involucradas en la tarea se debe a las instrucciones que el experimentador da al participante. Estos investigadores encontraron que los sujetos normales ejecutaron la tarea de TOH mejor que los pacientes y, que a su vez, se pudo distinguir a los pacientes con problemas en la función declarativa de los pacientes con deficiencias en la función de procedimiento, de acuerdo a su ejecución en los diferentes grados de dificultad de las versiones de las Torres de Hanoi aplicadas. Con respecto a lo anterior, Goldberg, Saint-Cyr & Weinberger (1990) sugieren que es la versión de la tarea la que determina los procesos cognoscitivos y las áreas cerebrales implicadas; de esta forma consideran que la versión de 3 discos de las Torres de Hanoi, involucra de forma primaria la habilidad para resolver problemas y planeación, lo cual es sensible principalmente a las lesiones del lóbulo frontal, y que la versión de 4 discos, la cual involucra “aprendiendo por la práctica”, es sensible al deterioro de los ganglios basales. Estos investigadores encontraron que los pacientes esquizofrénicos realizan la tarea significativamente peor que los sujetos normales, pero que estos pacientes pueden ejecutar la tarea perfecta o casi perfecta después de 4 días de ejecución repetida.

Por otro lado, León Carrión & Barroso-Martín (2001) consideran que las TOH también evalúan las estrategias de *solución de problemas* y el *procesamiento ejecutivo*.

Funciones ejecutivas en la adolescencia

Con respecto al desarrollo de las funciones ejecutivas (FE), algunas investigaciones han revelado que: a) las funciones ejecutivas emergen temprano en el desarrollo, probablemente alrededor del final del primer año de vida; b) las funciones ejecutivas se desarrollan sobre un amplio rango de edades con importantes cambios que ocurren entre los 2 y los 5 años de edad, la ejecución a nivel adulto en muchas pruebas estandarizadas de FE se alcanzan alrededor de los 12 años de edad, y algunos procesos continúan cambiando hasta la edad adulta; c) algunos errores que se cometen en tareas que requieren la ejecución de funciones ejecutivas ocurren en diferentes situaciones en edades diferentes, y esas situaciones pueden ser ordenadas de acuerdo a la complejidad de las inferencias requeridas; d) aunque las funciones ejecutivas pueden ser entendidas justo en términos de dominio general, se puede hacer una distinción entre el desarrollo de las funciones ejecutivas determinadas por aspectos afectivos (*hot*) asociadas con la corteza orbitofrontal (CFO) y el desarrollo de las más puramente cognitivas asociadas con la corteza prefrontal dorsolateral (*cool*) (c. f. Metcalfe & Mischel, 1999); e) Las dificultades en las funciones ejecutivas pueden ser una consecuencia común de perturbaciones diferentes de procesos epigenéticos; y f) diferentes desórdenes del desarrollo deben involucrar deterioros en diferentes aspectos de las FE (Zelazo & Müller, 2002).

Por otro lado, y considerando que la ejecución eficaz de las funciones ejecutivas requiere de un adecuado desarrollo cerebral que determinará la actividad cerebral subyacente a dichas funciones, Jurado y Roselli (2007) han afirmado que la primera función ejecutiva que emerge en el niño es la habilidad para inhibir conductas sobreaprendidas (*overlearned*) y la última en aparecer es la fluidez verbal. La inhibición de la información irrelevante parece declinar más pronto que la flexibilidad y la fluidez verbal

durante la senectud. El progreso y la declinación secuencial de estas funciones han sido paralelos con cambios anatómicos del lóbulo frontal.

Debido a que, como ya se mencionó anteriormente, se ha considerado frecuentemente que el desarrollo de los procesos involucrados en las funciones ejecutivas no se desarrollan a la par, se afirma que, la eficacia en el control atencional va mejorando de la infancia a la adultez temprana, considerándose que aproximadamente a los 12 meses de edad ya se da una capacidad adecuada para la realización de tareas que requieren un grado considerable de atención, tal es el caso de tarea pertenecientes al paradigma A-no-B (Diamond & Goldman-Rakic, 1985). Con respecto a la planeación, se considera que ya a los 3 años de edad se presenta una habilidad para planear eventos simples, de 7 a 11 años se desarrolla considerablemente la conducta estratégica y las habilidades de razonamiento que permiten una planeación más organizada (Levin, Culhane, Hartmann, Evankovich, Mattson, & Harwood, 1991), sin embargo se considera que la planeación es uno de los últimos procesos ejecutivos en madurar, extendiéndose hasta la adultez y uno de los últimos procesos en declinar durante la vejez. En lo referente a la flexibilidad cognitiva, se ha considerado que los niños de 3 a 5 años tienen la habilidad para realizar cambios simples en algunas tareas (Espy, 1997), sin embargo se considera que esta función madura durante la adolescencia (Anderson et al., 2001). Durante la vejez, se ha observado que este proceso declina aproximadamente de los 60 años en adelante (Axelrod & Henry, 1992).

De manera general, de acuerdo a los estudios antes mencionados con respecto al desarrollo de las funciones ejecutivas se puede afirmar que cada uno de los procesos que subyacen a estas funciones cumplen determinados roles de mayor o menor complejidad, siendo fundamentales todos y cada uno de ellos para la eficacia de su ejecución; sin embargo cada uno éstos se desarrollan y maduran en determinadas etapas de la vida sin existir una coincidencia específica en dichas etapas. Sin embargo todos los estudios mencionados coinciden que es en la edad adulta temprana cuando todos estos procesos alcanzan una madurez, por lo que, a esta edad, la ejecución de las funciones ejecutivas es la más eficaz comparada con la ejecución en todas las demás etapas, ya que también se ha encontrado un grado de declinación en los procesos conforme se avanza hacia la senectud.

Por otro lado, una de las etapas que marca un tiempo de cambios significativos en el desarrollo de la materia gris cortical en los lóbulos frontales, es en la preadolescencia, donde el desarrollo de la materia blanca y la mielinización continúan progresando, habiendo un brote o una segunda ola de desarrollo de la materia gris cortical, llegando a su máximo a la edad de 11 años en niñas y 12 años en niños (Rapoport et al., 1999). Esta aceleración en el volumen de la materia gris frontal será la última durante la vida del individuo. De la adolescencia temprana en adelante, el volumen de la materia gris declina lentamente, primero como parte de un proceso de poda, que se ha sugerido optimiza y madura la circuitería de los lóbulos frontales y más tarde en la adultez como parte del proceso de los cambios en diversas áreas de la vida del individuo (Ge et al., 2002; Scahill et al., 2003).

En la infancia tardía muchas funciones ejecutivas entran a una fase de maduración. En particular la habilidad para el cambio atencional y la clasificación (evaluado a través de la prueba de clasificación de tarjetas Wisconsin), pensando que se alcanzan niveles adultos a la edad de 10 años (Chelune & Baer, 1986).

De Luca et al. (2003) realizaron un estudio para determinar la trayectoria del desarrollo de las funciones ejecutivas enfocándose en los siguientes dominios cognoscitivos: flexibilidad cognoscitiva, memoria de trabajo, estrategias de planeación y fijación de metas. Encontraron que la madurez en la habilidad de flexibilidad cognoscitiva se alcanzaba entre los 8 y 10 años de edad, lo cual también fue encontrado por otros investigadores (Brocki & Bohlin, 2004). Lo anterior puede, en ocasiones, enmascarar la solución obvia a un problema y llevar a un sobreanálisis de determinado material. Los niños de esta edad pueden mostrar una fluctuación significativa en su habilidad para ejecutar tareas y cometer más errores como resultado de su ingenuidad en su forma de implementar y limitar sus nuevas habilidades encontradas (Anderson, 2002; De Luca et al, 2003).

Todas las demás funciones ejecutivas muestran una mejora en su ejecución durante el periodo de los 9 a los 12 años de edad. La ejecución en tareas que requieren memoria de trabajo mejora en capacidad y eficiencia (Brocki & Bohlin, 2004). En esta edad también se vuelven menos sensibles a la interferencia (León Carrión, García-Orza & Pérez-Santamaria,

2004). El pensamiento estratégico mejora (Luciana & Nelson, 2002) y la fluidez muestra incrementos constantes a la edad de 12 años aproximadamente (Korkman, Kemp, & Kirk, 2001). La conducta dirigida a metas mejora, con un posible aumento a la edad de 12 años (Anderson, Anderson, Northam, Jacobs & Catroppa, 2001), particularmente en la habilidad de los niños para monitorear y alterar de manera flexible su conducta considerando las demandas ambientales.

De acuerdo a lo anterior, Anderson et al. (2001) evaluaron el desarrollo de las habilidades ejecutivas a través de la infancia tardía y la adolescencia temprana (138 niños de edades entre 11 y 17.11 años de edad), e interpretaron los progresos en estas habilidades con referencia a la teoría neurológica y cognoscitiva actual; tales medidas correspondieron a la habilidad intelectual y medidas de FE, tales como: control atencional, flexibilidad cognoscitiva, fluidez verbal y ubicación de metas. Los resultados indicaron que en el grupo de 11 años las ejecuciones generales fueron más pobres en comparación con los de 15 años, lo cual indica una mejoría gradual en la planeación a través de la adolescencia. Además sugieren un decremento en la ejecución de las FE durante los últimos años de la infancia y los primeros años de la adolescencia. Se encontró también que cada componente de las FE no se desarrolla a la par, por ejemplo, la planeación tiene una aceleración de desarrollo a los 12 años, mientras que la flexibilidad cognoscitiva tiene un desarrollo más temprano. Además el procesamiento de información, flexibilidad cognoscitiva y ubicación de metas están relativamente maduras a los 12 años de edad, mientras que muchos procesos ejecutivos no están completamente “establecidos” hasta la mitad de la adolescencia o la edad adulta temprana. Otro dato importante considerando los cambios cognoscitivos importantes que se dan en el desarrollo, es que se han reportado regresiones en el desarrollo entre los 11 y los 13 años de edad, especialmente en las áreas de autorregulación y la realización de decisiones estratégicas de manera que el prolongado desarrollo del dominio ejecutivo está alineado con cambios neuropsicológicos, particularmente la sinaptogénesis y la mielinización de la corteza prefrontal (Anderson et al., 2001).

Luna, Garver, Urban, Lazar & Sweeney (2004) realizaron un estudio con el objetivo de caracterizar la maduración cognitiva a través de la infancia, adolescencia y adultez temprana, evaluando la velocidad de procesamiento, la supresión de la respuesta voluntaria

y la memoria de trabajo espacial. Participaron 245 individuos sanos (93 mujeres y 152 hombres) de diferentes nacionalidades. Las edades fueron de los 8 a los 30 años. Los investigadores aplicaron diferentes tareas del paradigma antisácadas, evaluando tanto la velocidad como la eficacia de la ejecución. En los resultados se observó que la eficacia de la ejecución aumentaba conforme aumentaba la edad de los participantes, ya que se presentó una mejoría inicial seguida por una estabilidad en la adolescencia. La madurez del desempeño a nivel adulto se presentó de la siguiente manera: para el procesamiento de respuesta de inhibición a los 14 años, para la velocidad de procesamiento a los 15 años, y para la memoria de trabajo a los 19 años. Aunque son procesos desarrollados de manera independiente, la velocidad de procesamiento influyó sobre la memoria de trabajo, mientras que el desarrollo de la supresión de la respuesta y memoria de trabajo fueron interdependientes. Estos resultados indican que la velocidad del procesamiento, la supresión voluntaria de la respuesta y la memoria de trabajo maduran a través de la infancia tardía y la adolescencia.

Por su parte, Brown et al. (2005) realizaron un estudio con el propósito de explorar la caracterización funcional de los cambios progresivos y regresivos en el desarrollo de la organización cerebral funcional subyacente a la asociación lexical controlada. Participaron 95 individuos de entre 7 y 32 años de edad, todos sanos y diestros. Se utilizó Resonancia Magnética Funcional Relacionada a Eventos para medir los cambios en el desarrollo en la neuroanatomía funcional subyacente a la asociación lexical. Las tareas aplicadas fueron 3: 1) Generación de un verbo relacionado a un sustantivo como estímulo, 2) Generación de antónimos ante las palabras presentadas, y 3) Generación de respuesta de palabras que rimaran a la palabra estímulo. Las regiones cerebrales mostraron diferencias significativas en la actividad entre los niños de edad escolar y adultos jóvenes a pesar de la ejecución de tareas equivalentes. Se observaron tanto eventos progresivos como regresivos en los niveles de actividad a través de la edad por región. Los cambios progresivos en el desarrollo en la activación cerebral se encontraron de forma exclusiva en las cortezas frontal y parietal. Los incrementos en el desarrollo en la actividad cerebral comenzaron primeramente como respuestas aplanadas de la actividad cerebral en los niños, mientras que en los adultos se presenta una gran activación de respuestas aunado a significativas activaciones cerebrales.

Los cambios anteriormente mencionados fueron más frecuentes fuera de la corteza frontal lateral e incluyó el procesamiento temprano de regiones tales como la corteza temporal y occipital bilateral. Estos hallazgos sugieren que la organización en la maduración funcional también incluye la activación de regiones o sets de regiones que se vuelven más selectivas a través de la edad.

Por otra parte, Braver et al. (1997), hicieron una comparación directa de la activación cerebral en niños y adultos. Este estudio fue una colaboración entre diferentes sitios de Estados Unidos. Cada grupo participante examinó la actividad cerebral en adultos y en niños durante la ejecución de una tarea de memoria de trabajo espacial. En esta tarea, los sujetos monitorearon un arreglo de cuatro cuadros para localizar un punto. El punto aparecía en una nueva ubicación cada dos segundos. Hubo tres condiciones diferentes. En la condición visual, los participantes no daban alguna respuesta. En la condición motora, los participantes debían indicar la ubicación espacial actual del punto. En la condición de memoria, los participantes debían indicar la ubicación en la cual había aparecido el punto dos ensayos previos. Con el fin de tratar de igualar la precisión de las respuestas conductuales, los participantes hicieron una prueba previa, fuera del escáner, para evaluar cuál carga de memoria era adecuada para que cada individuo tuviera una ejecución del 75 al 95%. Los datos de seis niños (8 a 10 años de edad) y seis adultos (19 a 26 años de edad) en Pittsburg fueron reportados por Thomas et al. (1999). La comparación de la condición motora con la de memoria reveló un incremento de la actividad en la circunvolución frontal superior derecha, la CPF dorsolateral derecha, la corteza parietal superior derecha y la corteza parietal inferior bilateral, tanto en los niños como en los adultos. Estos resultados sugirieron que las tareas de memoria de trabajo espacial activan regiones corticales similares en los niños y en los adultos. Sin embargo, es probable que la magnitud o intensidad de la activación difiera con la edad. En el citado estudio, a pesar de que no fue posible evaluar directamente esta diferencia, se encontró una tendencia a que los niños tuvieran un mayor volumen de activación prefrontal que los adultos y a que los adultos tuvieran mayores volúmenes de activación en el área parietal. De acuerdo con los autores, estas variaciones en los patrones de actividad pueden reflejar una maduración de las

regiones corticales y diferencias estratégicas en la ejecución de la tarea de la memoria de trabajo.

Asimismo, Kwon, Reiss, y Menton (2002) estudiaron a sujetos con un rango de 7 a 22 años de edad en la que aplicaron una tarea de memoria de trabajo espacial. Estos investigadores utilizaron Resonancia Magnética Funcional para observar la actividad funcional durante la ejecución de la tarea, la cual fue la misma que la mencionada en el estudio de Braver et al. (1997). Durante la ejecución de la tarea se observaron incrementos relacionados con la edad en la activación cerebral en la CPF dorsolateral bilateral, la corteza ventrolateral izquierda, la corteza premotora izquierda y la corteza parietal posterior bilateral. Los resultados de estos autores proveen evidencia de que las áreas frontales y parietales involucradas en la memoria de trabajo tienen un incremento de la activación relacionado con la edad.

Por su parte, Crone et al. (2006) realizaron el primer estudio que analizó el desarrollo de la memoria de trabajo comparando una condición de mantenimiento-manipulación con una condición de mantenimiento puro. En la investigación, tres grupos de edad (8-12, 13-17 y 18-25 años) realizaron una tarea de memoria de trabajo para objetos con condiciones separadas de mantenimiento y manipulación. En la tarea se presentaron 3 “estímulos de memoria” (objetos), después hubo un periodo de demora en el que se le pedía a las personas que memorizaran en el mismo orden (condición de mantenimiento), o en orden inverso (condición de manipulación), los tres estímulos. Finalmente, aparecía uno de los estímulos y el número 1, 2, ó 3 debajo de él y los individuos debían indicar si el estímulo correspondía al primer, segundo o tercer estímulo según el orden recordado. Los autores encontraron que los niños de 8 a 12 años de edad tuvieron una ejecución pobre en la tarea, en comparación con los adolescentes o los adultos, particularmente en los ensayos que requerían la manipulación además del mantenimiento, apoyando la idea de que la habilidad de manipular estímulos en la memoria de trabajo se desarrolla de manera más lenta que la habilidad de simplemente mantener los estímulos en mente. Los patrones de actividad relacionados con el mantenimiento fueron similares en los tres grupos de edad. En contraste, cuando se requirió la manipulación, en los niños de 8 a 12 años no se activaron las regiones que se activaron en los adolescentes y los adultos para manipular la

información. En particular, los datos revelaron que en los niños de 8 a 12 años se recluta la CPF ventrolateral para la memoria de trabajo de manera similar a los adolescentes y los adultos, pero no se da un reclutamiento adicional de la CPF dorsolateral derecha y la corteza parietal superior, evento requerido para la manipulación durante la demora. Estos resultados indican que el reclutamiento incrementado de la CPF dorsolateral y la corteza parietal bilateral durante la adolescencia está asociado con mejoras en la habilidad para trabajar con representaciones de objetos. Los análisis reportados sugieren que los niños tienen dificultad con la manipulación porque no se da el reclutamiento de estas regiones de manera apropiada durante la demora. El estudio (*idem*) indica entonces que, durante el desarrollo, la actividad cerebral relacionada con el mantenimiento, y la relacionada con la manipulación, es diferente, ya que en la manipulación en los niños pequeños (8 a 12 años) no se activan regiones de la CPF y parietal como ocurre en las personas mayores (13 a 25 años).

Tomando en cuenta los resultados de los estudios mencionados, podemos afirmar que, de manera general, los grupos estudiados de 8 a 12 años de edad, presentaron una pobre ejecución en todos los procesos de funciones ejecutivas evaluados comparados con los grupos de adolescentes y adultos. Los grupos de adolescentes de entre 13 y 18 años de edad, presentaron una ejecución eficaz en los procesos de memoria de trabajo, velocidad de procesamiento, inhibición y la ejecución eficaz de las tareas; mientras que los grupos estudiados de entre 19 y 30 años, presentaron una madurez en todos los procesos evaluados, además de presentar ya una ejecución eficaz en las tareas que requirieron procesos tales como planeación estratégica y organización de la conducta.

Por otro lado, un estudio cuyo objetivo fue estudiar el desarrollo de la actividad eléctrica cerebral y su relación con la maduración de los procesos ejecutivos, fue realizado por, Guevara, Rizo, Robles & Hernández-González (2012) con el objetivo de determinar la correlación electroencefalográfica prefrontal y parietal durante la ejecución de TOH en relación a la edad, en niños, adolescentes y adultos jóvenes de sexo masculino. Participaron 51 sujetos masculinos sanos clasificados en tres grupos (17 en cada grupo): grupo 1, de 11 - 13 años; grupo 2, de 18 - 20 años y grupo 3, de 26 - 30 años. Se efectuó el registro electroencefalográfico en las derivaciones F3, F4, P3 y P4 (de acuerdo al Sistema

Internacional 10-20 de Jasper, 1958), en dos condiciones: Basal (5 minutos de actividad EEG con ojos abiertos) y TOH (registro EEG durante la ejecución de TOH, en versión computarizada durante 7 minutos). Se comparó la correlación interhemisférica (entre zonas frontales y parietales) e intrahemisférica (derecha e izquierda) para las siguientes bandas: delta, theta, alfa1, alfa2, beta1 y beta2. Los resultados de dicho estudio fueron los siguientes: en los parámetros de ejecución de TOH no se encontraron diferencias significativas entre grupos, sin embargo, la mayoría de los sujetos del grupo 1 (13 de 17) no terminaron la tarea a comparación de los sujetos de mayor edad (grupos 2 y 3) que sí llegaron a completar la tarea en el tiempo asignado (7 minutos). Por otro lado, en términos generales, los sujetos de mayor edad (grupos 2 y 3) presentaron una mayor correlación en todas las derivaciones y bandas con respecto al grupo 1. En la comparación entre condiciones, se encontró un patrón de acoplamiento tanto inter como intrahemisférico característico para cada edad durante la ejecución de Hanoi: el grupo 1 sólo mostró una mayor correlación inter-parietal (P3-P4) en theta y alfa2; el grupo 2 presentó una alta correlación interhemisférica frontal (F3-F4) en delta y theta y una mayor correlación en todas las bandas en la correlación parietal (P3-P4) y en la correlación intrahemisférica izquierda (F3-P3) y derecha (F4-P4); el grupo 3 presentó un incremento de la correlación interparietal (P3-P4) en delta, theta, y beta 1 y un incremento de la correlación intrahemisférica izquierda (F3-P3) y derecha (F4-P4) en theta y alfa2. Los investigadores consideran que los datos de los resultados de la ejecución de TOH, así como los patrones de correlación EEG característicos de cada edad, pudieran estar relacionados con la eficacia de la ejecución de esta prueba y por lo tanto con el grado de madurez cerebral subyacente a dicha ejecución.

De forma general, la maduración de las habilidades ejecutivas continúa a través de la infancia, la adolescencia y la adultez. Se piensa que ocurre un periodo transicional al inicio de la adolescencia y justo después surge el “control ejecutivo” (Anderson, 2002). Lo cual enfatiza la necesidad de entender el proceso normal de tal desarrollo, con lo cual sería más fácil identificar y tratar las desviaciones de los patrones esperados de maduración (Anderson et al., 2001).

Eventos que pueden afectar el desarrollo normal de las funciones ejecutivas

Aunque las funciones ejecutivas han sido estudiadas desde una perspectiva neuropsicológica investigando la estructura neurológica y su función, recientemente las investigaciones se han enfocado en una variedad de otras perspectivas, incluyendo las del desarrollo psicológico y psicopatológico. La investigación de las funciones ejecutivas en el desarrollo ha revelado, entre otras cosas, que algunas fallas en las funciones ejecutivas pueden ocurrir en diferentes situaciones y en diferentes edades, y esas situaciones pueden ser percibidas de acuerdo a la complejidad de las inferencias requeridas; aunque las funciones ejecutivas pueden ser entendidas justamente en términos de dominio general, se puede realizar una distinción entre el desarrollo de las funciones ejecutivas relacionadas con aspectos afectivos asociados a la corteza prefrontal orbital (las hot en inglés) y las funciones ejecutivas puramente cognoscitivas asociadas a la corteza prefrontal dorsolateral (las cool en inglés). Además, las dificultades en la ejecución de las funciones ejecutivas pueden ser una consecuencia común de muchas perturbaciones diferentes de los procesos epigenéticos y los diferentes desordenes del desarrollo deben involucrar deterioros en diferentes aspectos de las funciones ejecutivas Zelazo y Müller (2002).

Respecto a lo anterior, existe mucha literatura acerca de los efectos de las lesiones cerebrales sobre funciones ejecutivas, principalmente en la corteza prefrontal. De esta manera Wise, Murria y Gerfen (1996) han considerado que las lesiones de la corteza prefrontal en humanos subyacen a una constelación de deficiencias neuropsicológicas que han sido descritas como dificultades en procesos como la planeación, formación de conceptos, pensamiento abstracto, toma de decisiones, flexibilidad cognoscitiva, uso de retroalimentación, ordenación temporal de eventos, inteligencia general o fluida y monitoreo de las propias acciones.

Por otro lado, se han realizado investigaciones con el fin de determinar los efectos de patologías y trastornos diversos en el desarrollo de las funciones ejecutivas. Así, mientras las funciones ejecutivas han sido estudiadas en niños con desórdenes del desarrollo, el conocimiento adicional respecto a las habilidades ejecutivas específicas que son deterioradas en determinado desorden ayudará a definir los factores de riesgo, mecanismos causales o marcadores específicos (Goldberg et al., 2005). Uno de los estudios

realizados con el objetivo de determinar las habilidades específicas de las funciones ejecutivas deterioradas ante determinados trastornos, fue realizado por Goldberg et al. (2005) quienes hicieron un estudio en el que compararon tales habilidades en niños con autismo (trastorno que se ha relacionado con una disfunción de la corteza prefrontal) y déficit de atención, comparado con controles. La respuesta de inhibición se evaluó a través de la prueba Stroop y prueba de palabras. La solución de problemas, flexibilidad y memoria no verbal se evaluaron usando 3 tareas de la batería CANTAB. En los resultados no se encontraron diferencias entre grupos en la respuesta de inhibición, planeación y flexibilidad. Sin embargo en una tarea aplicada de memoria espacial se encontró que tanto el grupo con déficit de atención con hiperactividad como el grupo con autismo mostraron deterioro en su ejecución comparado con el grupo control.

Por otro lado y considerando factores más sutiles que pueden afectar la efectividad en la ejecución de las funciones ejecutivas, Ardila, Rosselli, Matute & Guajardo (2005) realizaron un estudio con el objetivo de determinar la influencia del nivel educativo de los padres y el tipo de escuela (privada o pública) en el desarrollo de las funciones ejecutivas. En dicho estudio participaron 622 niños de entre 5 y 14 años de edad (276 niños y 346 niñas) de Colombia y México y los agruparon de acuerdo a tres variables: edad (5-6, 7-8, 9-10, 11-12 y 13-14), género (niños y niñas), y tipo de escuela (privada y pública). Se evaluaron 8 pruebas de funciones ejecutivas tomadas de la Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI) (Matute, Rosselli, Ardila, & Ostrosky, 2007): Fluidez Verbal Semántica, Fluidez Verbal fonética, Fluidez Gráfica Semántica, Fluidez Gráfica no Semántica, Matrices, Similitudes, Sorteo de Cartas y Pirámide de México. Se encontró un efecto significativo de la edad en todas las evaluaciones de las tareas y un efecto significativo en el tipo de escuela en todas las tareas, pero de forma particular en las tareas de Fluidez Verbal Semántica y Fluidez Gráfica no semántica. De forma general la evaluación de todas las tareas, pero de forma particular las puntuaciones de las tareas verbales, se correlacionaron con el nivel educativo de los padres. Lo anterior hace hincapié en la influencia de factores ambientales en el desarrollo de las funciones ejecutivas.

TEPT y funciones cognoscitivas y ejecutivas

Investigaciones en la neuropsicología del TEPT han identificado varias deficiencias cognitivas que co-ocurren con este desorden. Sin embargo, permanece sin aclarar si estas deficiencias son debido a la exposición al trauma, sintomatología del TEPT o la comorbilidad con abuso de sustancias (Twamley, Hami, & Stein, 2004). A continuación se exponen algunos de los principales estudios cuyo objetivo fue investigar la relación del TEPT con características cognoscitivas y/o ejecutivas.

Beers y Bellis (2002) realizaron un estudio cuyo objetivo fue evaluar diversas funciones cognoscitivas, las cuales fueron: el *lenguaje* (Clinical Evaluation of Language Fundamentals Concepts and Directions y WISC-III Vocabulary), la *atención* (Stroop Color and Word Test, Digit Vigilance Test y WISC-III Digit), la *función ejecutiva/abstracta* (Wisconsin Card Sorting Test, Controlled Oral Word Association Test, Animal Naming, WISC-III Similarities y Trail Making B.), *aprendizaje y memoria* (California Verbal Learning Test, Rey-Osterrieth Complex Figure recall), *procesamiento visoespacial* (Rey-Osterrieth Complex Figure copy, Money Road Map, WISC-III (Block Design, Object Assembly y Judgment of Line Orientation) y *función psicomotora* (Trail Making A, Grooved Pegboard Test y WISC-III Coding). Examinaron a 14 pacientes externos psiquiátricos pediátricos con medicación sencilla con TEPT secundario a maltrato, comparados con 15 niños sanos sin maltrato, similares a los pacientes con TEPT en edad, raza, status socioeconómico y C. I. La edad promedio de los pacientes con TEPT fue de 11.38 años y los niños control de 12.17. Seis de los pacientes con TEPT fueron niñas y 8 fueron niños; siete de los controles fueron niñas y 8 fueron niños. El trauma que experimentaron los niños maltratados incluyó abuso sexual (N=7), abuso físico (N=2), y presencia de violencia doméstica (N=5). Los resultados fueron los siguientes: en medidas de solución de problemas y función ejecutiva/abstracta, los sujetos con TEPT completaron menos categorías en el WCST. En dos medidas de organización semántica: el Controlled Oral Word Association Test Animal Naming y el Total Words, los niños con TEPT generaron menos categorías y nombraron menor número de palabras que comenzaban con la letra de la tarjeta. Los niños con TEPT tuvieron valores más bajos en Similitudes del WISC-III en comparación con el otro grupo de sujetos. Los niños con TEPT ejecutaron más pobremente en la prueba California Verbal Learning (aprendizaje y memoria). En la

evaluación de la función visoespecial, los niños con TEPT completaron una copia más pobre del Rey-Osterrieth Complex Figure y cometieron más errores en la prueba de Judgment of Line Orientation. De forma general se encontraron diferencias significativas sólo en las siguientes funciones: en la atención (ejemplo: Stroop color/Word and Digit Vigilance Test omission errors) y en la función ejecutiva/abstracta (ejemplo: Wisconsin Card Sorting Test categories and Controlled Oral Word Association test and Animal Naming) en las cuales los sujetos con TEPT ejecutaron peor que los controles.

Otra investigación la realizaron Stein, Kennedy, & Twamley (2002), quienes evaluaron a 39 víctimas femeninas de violencia conyugal (abuso físico o sexual o ambos, por un compañero íntimo al menos 4 semanas, pero no más de dos años, antes de participar en este estudio), 22 sin TEPT y 17 con actual TEPT y 22 controles no victimizadas. A todas las participantes se les administraron pruebas de *atención, memoria de trabajo y funcionamiento ejecutivo* (el subtest Digit Span subtest del WAIS-III, el Auditory Consonant Trigrams, el Digit Vigilance Test, la prueba Paced Auditory Serial Addition, la prueba Stroop y el Trail Making Test), *visuoconstrucción* (Continuous Visual Memory Test (CVMT) y la prueba Rey–Osterrieth Complex Figure), habilidades de *lenguaje* (Controlled Oral Word Association Test y el subtest de Vocabulario del Wechsler Adult Intelligence Scale—III (WAIS-III) y *aprendizaje y memoria* (California Verbal Learning Test, la prueba Verbal Paired Associates y el subtest de Memoria Lógica del WMS-III). En este estudio se encontró que las víctimas de violencia por los cónyuges y los controles no mostraron diferencias significativas en la mayoría de las pruebas neuropsicológicas. Las víctimas, a pesar del estatus del TEPT, tuvieron más pobre ejecución en las tareas de velocidad, en la atención auditiva sostenida y la memoria de trabajo (Paced Auditory Serial Addition Test) y la respuesta de inhibición (Stroop). Las víctimas con TEPT ejecutaron peor que las controles en la tarea Trail Making Test, Parte B. No se encontró alguna diferencia significativa entre la severidad del TEPT y otros trastornos clínicos o alguna medida neuropsicológica.

Por otro lado, Twamley et al. (2004), realizaron un estudio para examinar la exposición al trauma, los síntomas de TEPT como consecuencia a dicha exposición y la ejecución neuropsicológica en 146 sujetos con exposición a trauma (38 con actual TEPT y

108 sin historia de TEPT) y 89 controles. Se les administraron pruebas de atención y memoria de trabajo (WAIS-III Digit Span and Letter- Number Sequencing subtests (ambas, auditory-verbal attention and working memory tests y el Digit Vigilance Test para la atención visual), velocidad psicomotora (Parte A del Trail-Making Test), generación de palabras (Controlled Oral Word Association Test) y funcionamiento ejecutivo (Parte B del Trail-Making Test y el WCST). Los resultados fueron los siguientes: hubo dos diferencias estadísticamente significativas entre los grupos. En el WCST, los sujetos con TEPT y los sujetos control ejecutaron significativamente peor que los expuestos a trauma sin TEPT en el número de categorías necesarias para completar la primera categoría, lo cual es un indicador general de la habilidad para resolver problemas. Sin embargo, los sujetos con TEPT y control ejecutaron significativamente mejor que los expuestos a trauma sin TEPT en el índice de “aprendiendo a aprender”, la cual mide la habilidad para incrementar la eficiencia de aprendizaje sobre categorías sucesivas.

Por su parte Koso y Hansen (2005) evaluaron funciones neuropsicológicas relacionadas a atención, funciones ejecutivas y memoria de la vida diaria en un grupo de 20 hombres veteranos de combate con TEPT comparados con un grupo de hombres veteranos de guerra sin TEPT. Se utilizaron las siguientes tareas: Sustained Attention to Response Task, Hayling Sentence Completion Test, Trail Making Test, Rivermead Behavioral Memory Test y las escalas verbales del Wechsler Adult Intelligence Scale. Los resultados fueron los siguientes: en comparación con el grupo control, los sujetos con TEPT tuvieron menores puntajes en la prueba Rivermead Behavioral Memory Test, tuvieron más errores en el Sustained Attention to Response Task, fueron más lentos para resolver el Trail Making Test (tanto en las partes A como B) y necesitaron más tiempo para responder el Hayling Sentence Completion Test. Los sujetos con TEPT también mostraron una deficiente ejecución en el subtest de dígitos del WAIS.

Otro estudio fue realizado por Barba, Denia, Bartolomé, Ruiz, Mingote, y Fernández- Guinea (2007) con el objetivo de analizar los procesos de aprendizaje y memoria en el trastorno por estrés postraumático (TEPT). Evaluaron 30 pacientes con TEPT (26 mujeres y 4 hombres) y 26 controles (21 mujeres y 5 hombres). En cuanto a los orígenes del trastorno, la distribución fue: 26.67% con abuso de tipo psicológico, 30% con

abuso de tipo físico, 26.67% con abuso de tipo sexual, 13.3% afectados por el Síndrome de la Kolza y un 3.3% tras accidente de tráfico, sin traumatismo craneoencefálico. La evaluación neuropsicológica incluyó el Test de aprendizaje verbal España- Complutense (TAVEC), Test de la figura compleja de Rey-Osterrieth, Wechsler Adult Intelligence Scale-III (WAIS- III): dígitos y letras y números. Los resultados fueron los siguientes: en el TAVEC las medidas de aprendizaje verbal fueron similares, al igual que la cantidad total de palabras aprendidas. El rendimiento del grupo con TEPT fue inferior al del grupo control en las pruebas de recuerdo libre, a largo y corto plazo, y en el recuerdo con claves. El empleo de estrategias semánticas durante el aprendizaje fue similar en ambos grupos, mientras que los sujetos con TEPT emplearon un número inferior de estrategias seriales. Dentro de la escala de Inteligencia de Wechsler en el subtest de Dígitos y en el de Letras y Números, el rendimiento del grupo de TEPT estuvo por debajo de los controles. Por otra parte se tomó la puntuación del recuerdo de la Figura Compleja del Rey Osterrieth como medida de memoria visual, encontrándose que los dos grupos obtienen un rendimiento similar, tanto en la copia como en el recuerdo.

Por otro lado, Kanagaratnam & Asbjørnsen (2007) evaluaron 45 adultos refugiados inmigrantes con un rango de edad de 18-55 años (promedio de 38 años) con previa exposición a violencia política. Un grupo de 22 individuos diagnosticados con TEPT fue comparado con un grupo de 23 sujetos sin diagnóstico psiquiátrico. La distribución hombres-mujeres en el grupo de TEPT fue de 15:7 y en el grupo control fue de 19:4. Examinaron tres componentes de FE: intencionalidad, inhibición y memoria ejecutiva. Para medir la intencionalidad se utilizó la prueba Torres de Londres, la inhibición fue evaluada a través de la prueba Stroop Color y Word Test y la memoria ejecutiva fue evaluada por el Wisconsin Card Sorting Test (WCST). Se evaluaron también los síntomas depresivos. Se encontró lo siguiente: los grupos no difirieron en la Torre de Londres, pero ejecutaron significativamente diferente en la velocidad de lectura de las primeras dos condiciones del Stroop, y en los ensayos para completar la primera categoría del Wisconsin, realizando más ensayos los sujetos con TEPT. No se encontraron diferencias en la ejecución de la tarea de Stroop de lectura de palabra color, o en las medidas del Wisconsin del total de errores, errores perseverativos, respuestas a nivel conceptual, categorías completadas y falla en

mantener el set. Los resultados del análisis de correlación entre las medidas neuropsicológicas y medidas clínicas son las siguientes: la ejecución del Stroop, y particularmente, las medidas de inhibición del Stroop, se correlacionaron significativamente con los valores de depresión, y la ejecución del WCST se correlacionó significativamente con las puntuaciones del autorreporte de síntomas de TEPT. La ejecución de la Torre de Londres no se correlacionó con los puntajes de depresión o el impacto de síntomas de TEPT, excepto para la anulación o evitación de puntos del autorreporte relacionados con los síntomas de TEPT.

Por su parte, Yasik, Saigh, Oberfield, y Halamandaris (2007), realizaron un estudio en el que examinaron si las deficiencias en la memoria están asociadas con TEPT o con la exposición al trauma en ausencia de TEPT. Participaron tres grupos de sujetos: positivos en diagnóstico de TEPT (n=29), traumatizados sin TEPT (n=62) y sujetos control no traumatizados (n=40). Las edades fueron entre 1-18 años de edad. Dentro del grupo traumatizado, los sujetos que cumplieron con los criterios del desorden depresivo mayor, desorden de conducta, dependencia de sustancias y desorden de déficit de atención con hiperactividad fueron excluidos. Los tipos de traumas reportados por los participantes traumatizados con TEPT y sin TEPT fueron los siguientes: de asalto sexual fueron 6 con TEPT y 0 sin TEPT, de asalto físico fueron 9 con TEPT y 14 sin TEPT, por disparos 5 con TEPT y 5 sin TEPT, de ataque por perro 1 con TEPT y 6 sin TEPT, de accidente por vehículo 4 con TEPT y 14 sin TEPT, de lesiones en las manos 0 con TEPT y 13 sin TEPT, de inhalación de humo, 2 con TEPT y 2 sin TEPT, testigos de evento traumático fue 1 con TEPT y 3 sin TEPT, intento de suicidio de otros 0 con TEPT y 2 sin TEPT, intento de secuestro 1 con TEPT y 0 sin TEPT, presencia del acontecimiento del 11 de septiembre del 2001 0 con TEPT y 1 sin TEPT, accidente de bicicleta 0 con TEPT y 1 sin TEPT y de accidente desde alturas 0 con TEPT y 1 sin TEPT. A todos los participantes se les aplicó el Wide Range Assessment of Memory and Learning (WRAML) el cual contiene evaluación de memoria verbal, memoria visual y aprendizaje. Los resultados fueron los siguientes: los sujetos con TEPT mostraron de forma significativa bajos puntajes en la prueba general de memoria WRAML, memoria verbal e índices de aprendizaje, comparado con los sujetos control no traumatizados. Con excepción de memoria verbal, los jóvenes con y sin TEPT

ejecutaron de forma similar en todos los demás índices. No hubo diferencias significativas en el índice de memoria visual.

Electroencefalograma

La técnica electroencefalográfica es un método que registra y amplifica la actividad eléctrica cerebral que proviene de las zonas más próximas a los electrodos colocados en la piel de la superficie craneal (cuero cabelludo). La señal eléctrica que se registra tiene un tamaño muy pequeño por lo que se amplifica por medio del polígrafo. Se ha descrito que los electrodos de superficie registran principalmente oscilaciones en el flujo de corriente alrededor de las células piramidales corticales que se encuentran dispuestas de forma perpendicular a la superficie de los hemisferios cerebrales. Los potenciales sinápticos excitatorios e inhibitorios que se producen en los cuerpos y dendritas de millares de neuronas crean dipolos entre las zonas superficiales dando lugar a cargas eléctricas y generan un campo eléctrico cuya fuerza resultante se manifieste en la superficie craneal. Otros factores también contribuyen al origen de las ondas cerebrales que se registran, por ejemplo la actividad eléctrica entre neuronas gliales, fibras de conexión y actividad neuronal de estructuras subcorticales. La señal EEG registrada está formada principalmente por potenciales post-sinápticos (Aquino, Aneiros & Rojas, 1999). La actividad electroencefalográfica está dividida en ritmos, estos son: delta, theta, alfa, beta y gamma.

Por otro lado, una de las técnicas más frecuentemente utilizadas para analizar el EEG es la Transformada Rápida de Fourier (TRF), con la cual es posible obtener simultáneamente los valores de amplitud de cada uno de los componentes de frecuencia de las señales bioeléctricas. Por otro lado, un índice comúnmente utilizado en la actividad EEG es la correlación, la cual es una medida de la semejanza de morfología y polaridad entre los puntos que conforman dos señales simultáneas de diferentes zonas cerebrales, sin tomar en cuenta la amplitud. Una correlación de 1 indica la máxima correlación positiva, de 0 la mínima y -1 la máxima negativa. Un alto grado de correlación o de coherencia indica una relación lineal alta entre la actividad eléctrica de las dos regiones analizadas, debido a

la semejanza morfológica, a la fase y al acoplamiento temporal a la sincronía de la actividad que pudiera existir entre ellas; lo que a su vez indica un estado funcional semejante, el cual puede ser consecuencia de una organización parecida entre las redes neuronales, e interconexiones entre ellas, actuando simultáneamente. Estos análisis, por tanto, permiten conocer el grado de acoplamiento funcional entre las regiones analizadas (Guevara & Hernández-González, 2006).

Neurodesarrollo y actividad EEG

Aunque es ampliamente aceptado que el desarrollo normal del cerebro del nacimiento a la edad preadulta involucra periodos de proliferación y poda sináptica (Huttenlocher, De Courten, Garey, & Van der Loos, 1982), el impacto de estas características en la coherencia EEG no ha sido completamente especificada (Barry, Clarke, McCarthy, Selikowitz, Johnstone, & Rushby, 2004). A continuación se presentan algunos de los principales estudios de coherencia EEG a través del desarrollo humano realizados en los últimos tiempos.

Thatcher, Walker, y Giudice (1987) realizaron un estudio en el que hicieron 577 registros EEG en sujetos de entre 2 años a 26 años de edad. Registraron la actividad EEG en 19 localizaciones del cuero cabelludo de acuerdo al Sistema Internacional 10-20 de colocación de electrodos (Jasper, 1958) en reposo para 4 bandas de frecuencia. De acuerdo a los resultados obtenidos, los autores consideraron los siguientes cinco periodos de crecimiento en los datos de coherencia: El Periodo 1 comprendió del nacimiento a los 3 años, en el cual se observaron cambios en el desarrollo “topográficamente dispersos”, observándose un patrón no obvio de desarrollo. El Periodo 2 se consideró de los 4 a los 6 años, en el cual se observaron cambios en la coherencia del hemisferio izquierdo frontal-occipital y frontal-temporal y en el hemisferio derecho en el polo frontal-frontal. El Periodo 3 comprendió de los 8-10 años, observándose cambios en la coherencia en el hemisferio derecho frontal-temporal. Y los Periodos 4 y 5, el primero considerándose de los 11-14 años y el segundo de los 15 años a la edad adulta se observaron cambios en las localizaciones frontales.

Por su parte, Marosi et al. (1992) registraron 98 sujetos control y 54 niños con problemas de aprendizaje con una edad de entre 6 y 16.8 años. El registro EEG se realizó en reposo en las derivaciones F3, F4, C3, C4, P3, P4, O1, O2, F7, F8, T3, T4, T5, T6, y Cz para las bandas delta, theta, alfa y beta. Los resultados fueron los siguientes: el grupo control presentó un incremento en la coherencia con la edad entre regiones posteriores y el vértex (CZ), además de un decremento con la edad en la coherencia entre áreas frontales, especialmente en la banda theta. Mientras que el grupo con problemas de aprendizaje presentó un alto efecto de edad en la coherencia entre regiones temporales con una predominancia en el sitio izquierdo en comparación con la región contralateral e ipsilateral.

Otro estudio fue realizado por Barry et al. (2004) en el que participaron dos grupos de 40 niños y 40 niñas de 8 a 12 años de edad (8 niños de cada edad). Se consideró la coherencia EEG intrahemisférica (F3–O1, F4–O2, FP1–F3, FP2–F4, T3–T5, T4–T6, C3–P3, C4–P4) e interhemisférica (FP1–FP2, F7–F8, F3–F4, C3–C4, T3–T4, T5–T6, P3–P4, O1–O2) para las bandas delta, theta, alfa y beta. Los resultados fueron los siguientes: en la *Coherencia intrahemisférica* se encontró que, respecto a las distancias cortas y medianas, hubo una mayor coherencia en el hemisferio izquierdo en todas las bandas sin efecto de edad o género, además de un incremento lineal de la coherencia con la edad en las bandas delta, theta y alfa. Por otro lado, en la *Coherencia interhemisférica* se encontró que en las regiones frontales, la coherencia en alfa cayó a la edad de 8-9, y luego se elevó a la edad de 10 años y ligeramente después. En las regiones temporales, hubo un incremento lineal en la coherencia con la edad en la banda alfa.

TEPT y actividad EEG

Chae et al. (2004) realizaron un estudio cuyo propósito fue examinar la actividad EEG en pacientes con TEPT. Se obtuvieron registros EEG en estado de descanso y con ojos cerrados en 16 canales (F7, T3, Fp1, F3, C3, P3, O1, F8, T4, T5, T6, Fp2, F4, C4, P4, y O2) del sistema internacional 10–20 de 27 pacientes con TEPT (13 mujeres, 14 hombres; edad 39.5 años como promedio) de una población civil mixta que había experimentado algún trauma y 14 sujetos sanos. Se utilizó la dimensión de correlación (D2) EEG para cuantificar la complejidad de la dinámica cortical subyacente a la señal EEG. Se encontró

que los pacientes con TEPT tenían valores D más bajos que los de los sujetos sanos en la mayoría de los canales (Fp1, F8, C4, P4, T3, T4, T5, T6, y O1), indicando que los pacientes con TEPT tienen complejidad reducida globalmente en sus ondas EEG.

En otro estudio, McCaffrey, Lorig, Pendrey, McCutcheon, y Garrett (1993), examinaron la actividad EEG de 4 localizaciones del cuero cabelludo (F7 y T5, F8 y T6) considerando las bandas theta (5-7 Hz), alfa (8-13 Hz) y beta (13-64 Hz) durante la presentación de 6 diferentes olores: hierbabuena, ajo, diesel, pelo quemado, naranja y carne podrida a 6 veteranos de Guerra de Vietnam con diagnóstico de TEPT (edad promedio de 43 años) de acuerdo al DSM-III-R y 5 veteranos de Guerra de Vietnam con problemas relacionados a adaptación social sin TEPT (edad promedio de 41 años). Se encontró que el grupo con TEPT fue diferente del grupo sin TEPT en el patrón topográfico de actividad EEG de la banda alfa durante la prueba. Este patrón fue tal que el grupo con TEPT mostró un relativo incremento en la cantidad de actividad alfa medida por el electrodo frontal izquierdo en la segunda época. El mayor efecto de olor entre los grupos TEPT y no TEPT se encontró ante la presencia de olor a cabello quemado.

Por otro lado, Metzger et al. (2004), examinaron la relación entre el TEPT, ansiedad y síntomas depresivos y la actividad EEG en las derivaciones frontal (F3, F4), temporal (T3, T4), and parietal (P3, P4) del sistema 10-20 en estado de reposo con ojos cerrados durante un tiempo y abiertos durante otro en 50 enfermeras veteranas de la guerra de Vietnam. Dieciocho participantes cumplieron el criterio para actual TEPT y 14 para diagnóstico de TEPT en el pasado. Las restantes 18 participantes nunca cumplieron el criterio para TEPT. Siete de las participantes con actual TEPT cumplían también con el criterio de actual Síndrome Depresivo Mayor y 9 cumplían con el criterio de Síndrome Depresivo Mayor durante toda su vida. Siete de las participantes con criterio de TEPT durante toda la vida y 5 participantes que nunca habían tenido TEPT cumplieron con el criterio de Síndrome Depresivo Mayor de por vida. Los resultados fueron los siguientes: los síntomas de arousal del TEPT se asociaron con gran actividad relativa parietal derecha comparada con la izquierda. No hubo relación entre depresión y otra severidad de síntomas y las medidas de asimetría frontal. Los resultados soportan la aseveración de que la

asociación entre ansiedad y activación posterior derecha es específica el subtipo de activación por ansiedad.

Aun cuando los estudios anteriormente mencionados no son consistentes entre sí en cuanto a los resultados que presentan, se han realizado otros dos estudios cuyos resultados parecen ser más estables. El primer estudio fue realizado por Begic, Hotujac, y Begic (2001) quienes hicieron un estudio con el propósito de buscar diferencias en parámetros cuantitativos de actividad EEG entre pacientes con TEPT y sujetos sanos. Compararon 18 veteranos con TEPT y 20 sujetos sanos no veteranos como grupo control. A todos los sujetos se les realizó un registro electroencefalográfico para las bandas de frecuencia delta, theta, alpha1, alpha2, beta1, beta2, en las regiones Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, C3, C4, T3, T4, T5, T6, P3, P4, O1 y O2. Los pacientes con TEPT presentaron una incrementada actividad theta en regiones centrales. Beta1 incrementó en las regiones frontal, central y occipital izquierda. La actividad beta2 incrementó sobre las regiones frontales. No se observaron diferencias significativas en las bandas delta y alfa. El segundo estudio lo realizaron Begic y Begic (2003) con el objetivo de comparar el registro EEG cuantitativo en veteranos de combate con y sin TEPT. El estudio incluyó 79 veteranos de combate con TEPT y 37 veteranos sin TEPT como grupo control. A todos los participantes se les realizaron registros electroencefalográficos. Los resultados demostraron que los veteranos con TEPT presentaron un decremento en la banda alfa y un incremento en beta. Los autores consideran que un incremento en la banda beta debe jugar un papel muy importante como un potencial marcador en diferentes subtipos de TEPT.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De acuerdo al DSM-IV (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, 1994), se considera que el TEPT se origina cuando la víctima experimenta, presencia, o es confrontada con un evento o eventos que involucran amenaza de muerte o serias lesiones o amenaza a su integridad física, a sí mismo o a otros. Así, el TEPT suele aparecer posterior a una experiencia relacionada con eventos altamente estresantes como el abuso sexual, lo cual genera una alteración del eje Hipotálamo-Hipófisis-Adrenal y por ende en los niveles de corticosteroides. Lo anterior afecta de manera importante tanto la anatomía como la funcionalidad de diversas áreas cerebrales tales como el hipocampo, cuerpo caloso, cíngulo anterior, vermis cerebelar, corteza temporal y corteza prefrontal, principalmente, siendo un factor determinante tanto la etapa del desarrollo en el cual sucede el evento traumático como la frecuencia e intensidad con la que sucedió.

Asimismo, algunos estudios que han evaluado personas con TEPT reportan deficiencias en funciones cognitivas tales como atención, memoria y funciones ejecutivas, las cuales se consideran fundamentales para las actividades de la vida diaria en un ser humano normal. Para la evaluación de las funciones ejecutivas se han utilizado una serie de pruebas neuropsicológicas, entre las que destacan las TOH y WCST, las cuales se han considerado típicas para la evaluación de las funciones ejecutivas de tipo cognoscitivo. Para evaluar la anatomía y funcionalidad cerebral en personas con TEPT, se han utilizado diferentes técnicas tales como resonancia magnética y tomografía por emisión de positrones. Aunque estas técnicas tienen una alta resolución espacial, tienen una limitada resolución temporal que dificulta determinar los cambios en la funcionalidad cerebral en periodos de tiempo mayores. El registro electroencefalográfico es una técnica no invasiva que permite determinar los cambios del funcionamiento cerebral en una estrecha relación temporal con la ejecución de conductas o procesos cognoscitivos particulares. Esta técnica permite además analizar el grado de sincronización o correlación funcional entre áreas corticales, y varios trabajos de investigación han demostrado la utilidad de este análisis electroencefalográfico para caracterizar el grado de acoplamiento cortical durante la ejecución de diversos tipos de tareas.

Si bien a la fecha existen algunos trabajos que han evaluado los procesos ejecutivos en personas con TEPT, la mayoría de ellos han sido efectuados en personas adultas que ya han alcanzado la maduración cerebral y por ende el desarrollo cognoscitivo. Sin embargo, se sabe que actualmente existe también una alta proporción de niños y adolescentes que padecen de TEPT, además, se sabe también que, de manera particular, durante la adolescencia se presentan importantes cambios hormonales, de maduración cerebral a través de parámetros tales como poda y reconexión sináptica, cambios en la densidad de materia cerebral blanca y gris, entre otros, mismos que a su vez están íntimamente relacionados con el desarrollo del funcionamiento cognoscitivo y ejecutivo.

Así, considerando que el TEPT es un trastorno que afecta la integridad individual y social de las personas, que su prevalencia es alta principalmente en niños y adolescentes de nuestra sociedad, y que dicho trastorno afecta, entre otras, diversas funciones cognoscitivas y ejecutivas, el presente estudio pretende caracterizar el grado de sincronización electroencefalográfica entre las áreas prefrontales y parietales en adolescentes femeninas con TEPT (por abuso sexual) durante la ejecución de las tareas TOH y WCST.

OBJETIVO GENERAL

Caracterizar la correlación electroencefalográfica inter e intrahemisférica prefronto-parietal durante la ejecución de TOH y WCST en adolescentes femeninas con TEPT.

Objetivos específicos

- Evaluar la ejecución de TOH en adolescentes femeninas con TEPT.
- Evaluar la ejecución de WCST en adolescentes femeninas con TEPT.
- Caracterizar la correlación interhemisférica prefrontal (Fp1-Fp2 y F3-F4) durante la ejecución de las TOH y WCST en adolescentes femeninas con TEPT.
- Caracterizar la correlación intrahemisférica prefrontal (Fp1-F3, Fp2-F4) y prefronto-parietal (Fp1-P3, Fp2-P4, F3-P3 y F4-P4) durante la ejecución de las TOH y WCST en adolescentes femeninas con TEPT.

HIPÓTESIS

Las adolescentes femeninas con TEPT presentarán cambios característicos en la correlación electroencefalográfica, inter e intrahemisférica, prefrontal y prefronto-parietal, asociados a una pobre ejecución en las pruebas TOH y WCST.

Hipótesis específicas

- Las adolescentes femeninas con TEPT presentarán mayor número de errores que de aciertos y dificultad para terminar la tarea durante la ejecución de TOH.
- Las adolescentes femeninas con TEPT presentarán una mayor perseveración en los cambios de categoría de clasificación y una incapacidad para mantener el set durante la ejecución de WCST.

- La correlación interhemisférica prefrontal (Fp1-Fp2, F3-F4) disminuirá, durante la ejecución de las TOH y WCST, en adolescentes femeninas con TEPT.

La correlación intrahemisférica prefrontal (Fp1-F3, Fp2-F4) y prefronto-parietal (Fp1-P3, Fp2-P4, F3-P3 y F4-P4) aumentará, durante la ejecución de TOH y WCST, en adolescentes femeninas con TEPT.

VARIABLES

Variables independientes:

- Grupos de sujetos: adolescentes femeninas con TEPT (secundario a abuso sexual episódico-recurrente) y adolescentes femeninas control.
- Condiciones de registro: basal, TOH y WCST.

Variables dependientes:

- Resultados de la ejecución de la tarea TOH: latencia de inicio, total de movimientos, movimientos correctos y movimientos incorrectos.
- Resultados de la ejecución de la tarea WCST: total de estímulos presentados, total de ejecuciones correctas, total de ejecuciones incorrectas, perseveraciones, secuencias terminadas.
- Correlación electroencefalográfica inter e intrahemisférica.

MÉTODO

Participantes:

Participaron 14 participantes femeninas de entre 12 y 16 años de edad divididas en dos grupos: el primer grupo estuvo conformado por 7 adolescentes femeninas sanas como grupo control (estudiantes de secundaria y viviendo con sus familias al momento de la evaluación) y el segundo grupo por 7 adolescentes femeninas con TEPT como consecuencia de abuso sexual episódico-recurrente (exposición al abuso sexual en tres ocasiones como mínimo; 2 de las adolescentes vivían en una Casa Hogar, 2 vivían en otra

Casa Hogar y 3 de las niñas vivían con sus familias; las niñas que vivían en Casa Hogar llegaron a éstas debido a que al presentar la denuncia del abuso se decidió legalmente que ya no podían vivir en el hogar materno; los perpetradores fueron familiares o vivían dentro del hogar: papá: 2, padrastro: 4, abuelo: 1).

Criterios de inclusión:

Todas las participantes tuvieron las siguientes características:

- Diestras
- Estudiantes de primaria, secundaria o preparatoria
- De nivel socioeconómico medio bajo
- Con un CI de 80-110
- Sin patología médica ni neurológica previa
- Sin consumo de algún tipo de medicamento o droga
- Sin desordenes médicos que afectan el crecimiento o desarrollo biológico y/o cognoscitivo
- No embarazadas
- Que no hayan nacido de forma prematura o con complicaciones durante el embarazo de la madre o parto, exposición in útero a alcohol y/o drogas.

Escalas y pruebas aplicadas:

-Evaluación neuropsicológica infantil (ENI). Es una batería que intenta lograr una evaluación neurocognitiva integral cuyo objetivo es analizar el desarrollo neuropsicológico en niños hispanohablantes con edades comprendidas entre los 5 y los 16 años. Incluye la evaluación de 13 áreas cognitivas diferentes: atención, habilidades constructivas, memoria (codificación y evocación diferida), percepción, lenguaje oral, habilidades metalingüísticas, lectura, escritura, matemáticas, habilidades visoespaciales, habilidades conceptuales y funciones ejecutivas. También evalúa la lateralidad manual y la presencia de signos neurológicos blandos.

Debido a las características de este estudio, fue nuestro interés evaluar la atención y la memoria verbal a corto plazo, por lo que se aplicaron solamente las siguientes pruebas pertenecientes a esta batería:

ATENCIÓN

Atención visual

-Cancelación de dibujos. Incluye una página con una serie de dibujos de 44 conejos grandes y pequeños. El niño debe tachar con un lápiz los conejos grandes, lo más rápido posible, dentro de un tiempo límite de un minuto. Se da un punto por cada conejo correctamente tachado y se sustrae un punto por cada conejo pequeño señalado. La puntuación máxima es 44.

-Cancelación de letras (paradigma AX). Incluye una página con 82 letras distribuidas en varios renglones. El niño debe tachar con un lápiz la letra X, únicamente cuando ésta está precedida por la letra A. El tiempo límite es un minuto. Se da un punto por cada letra X correctamente tachada y se sustrae un punto por cada letra incorrectamente tachada. La puntuación máxima es 82.

Atención auditiva, memoria a corto plazo

-Dígitos en progresión. El niño debe repetir series de números, empezando por series de dos números y terminando con una serie de ocho números. La puntuación representa el número de dígitos repetidos correctamente. La puntuación máxima es 8.

Memoria de trabajo (auditiva)

-Dígitos en regresión. El niño debe repetir en orden inverso series de números, comenzando con series de dos dígitos y terminando con series de 7. La puntuación representa el número de dígitos repetidos correctamente. La puntuación máxima es 7.

MEMORIA (CODIFICACIÓN)

Memoria verbal auditiva

-Lista de palabras. Se presentan, en cuatro ensayos consecutivos, nueve palabras (para los niños de 5-8 años) o 12 (para los niños de 9-16 años). Las palabras pertenecen a tres categorías semánticas: animales, frutas y partes del cuerpo. La puntuación total es el número de palabras recordadas en los cuatro ensayos. La puntuación máxima para los niños de 5 a 8 años es 36, y para los niños de 9-16 años es 48.

-Memoria de un texto (memoria lógica). Se lee al niño un texto que contiene 15 ideas y el niño debe relatarlo inmediatamente después de escucharlo. El número de ideas recordadas por el niño constituye la puntuación en esta subprueba; la máxima es 15.

-ESCALA WECHSLER DE INTELIGENCIA PARA NIÑOS-IV (WISC-IV). La Escala Wechsler de inteligencia para el nivel escolar, cuarta edición (WISC-IV) es un amplio instrumento clínico de aplicación individual para evaluar la inteligencia en niños de 6 años 0 meses a 16 años 11 meses de edad (6:0-16:11). Su objetivo es proporcionar una medición confiable del funcionamiento intelectual en niños de 6 a 16 años de edad.

* En este caso se aplicó una estimación del coeficiente intelectual (CI), utilizando las subescalas:

Vocabulario.- se trata de una prueba para evaluar el conocimiento de palabras. El niño para su explicación necesitará recurrir a una variedad de factores relacionados con la cognición: su capacidad de aprendizaje, riqueza de ideas, memoria, formación de conceptos y su desarrollo del lenguaje. Todo ello será función del ambiente educativo del niño y sus experiencias. Debido a que el número de palabras que el sujeto conoce correlaciona con su capacidad para aprender y acumular información, la subprueba proporciona una medida bastante fiable de la capacidad intelectual del sujeto. Por tanto, se trata de un índice útil de la capacidad mental general de la persona. La ejecución en la subprueba es estable a través del tiempo y posee una relativa resistencia a la deficiencia neurológica y a la perturbación psicológica. el cual analiza el conocimiento léxico, la precisión conceptual y la capacidad expresiva verbal.

Diseño de cubos.- implica la capacidad para percibir y analizar formas mediante descomponer un todo (el diseño) en sus partes componentes y después armarlas en un diseño idéntico, un proceso que se denomina análisis y síntesis. La prueba combina organización visual y ejecución visomotora. El éxito implica la aplicación de la lógica y del razonamiento a los problemas de relaciones espaciales. En consecuencia, Diseño con Cubos se considera como una tarea no verbal de formación de conceptos, que requiere organización perceptual, visualización

espacial y conceptualización abstracta. También es una tarea de construcción que implica las relaciones espaciales y la discriminación figura-fondo.

Según la propuesta de Sattler (1996), tanto la subprueba de *vocabulario* como el *diseño de cubos*, proporcionan datos semejantes si se comparan con la escala completa. Para extraer el CI estimado se deben sumar las puntuaciones estándar de las dos subescalas, esta suma se multiplica por tres y se suma 40. La fórmula es:

$$[(\text{PE Diseño con cubos} + \text{PE de vocabulario}) \times 3] + 40]$$

ESCALAS CLÍNICAS

-*Inventario de Depresión Infantil de Kovacs (Children's Depression Inventory [CDI])*. Es una escala autoaplicable a niños de entre 7 y 17 años que consta de 27 ítems con 3 respuestas posibles, puntuadas de 0 a 2, de ausencia a mayor gravedad de los síntomas explorados. Las puntuaciones totales están entre 0 y 54, y aunque no es un instrumento de diagnóstico sino de gravedad del trastorno, Kovacs determina el valor 19 como el umbral que discrimina a los niños deprimidos. Los ítems describen síntomas como tristeza, sentimientos de culpa, anhedonia, baja autoestima, problemas de sueño, fatiga e ideas suicidas. Cada uno de ellos debe ser valorado por el niño atendiendo a los sentimientos y pensamientos de los últimos dos meses. Su fiabilidad y validez han sido corroboradas en varios estudios y ha sido empleado en numerosos trabajos de investigación.

-*Cuestionario de Autoevaluación Ansiedad Estado-Rasgo en Niños (STAIC)*. Este cuestionario consiste en una serie de 40 afirmaciones (20 que corresponden al punto de Estado y 20 de Rasgo); el punto de Estado evalúa «Cómo se siente el sujeto en un momento determinado» y el punto de Rasgo evalúa «Cómo se siente el sujeto en general», cada punto con 3 opciones de respuesta. Esta prueba se puede aplicar a manera de autoevaluación y tiene una duración aproximada de 15 min. Los participantes con un puntaje por debajo de 40 se clasifican con bajo nivel de ansiedad rasgo y con un puntaje arriba de 60 se clasifican con alto nivel de ansiedad rasgo.

-*Escala Infantil de Síntomas del Trastorno de Estrés Postraumático (CPSS)*. La CPSS es una escala desarrollada para evaluar la presencia de síntomas del Trastorno de Estrés Postraumático en niños/as y adolescentes de 8 a 18 años de edad con una historia conocida

de trauma. La Escala está basada en los criterios diagnósticos del DSM-IV y se compone de 17 ítems con respuesta tipo Likert referidos a la frecuencia de manifestación de síntomas de este trastorno. Este instrumento puede ser utilizado como autoinforme o como entrevista clínica estructurada. La CPSS se compone de 3 subescalas: Reexperimentación (5 ítems), Evitación (7 ítems) y Aumento de la Activación (5 ítems). La Escala CPSS no considera puntajes de corte para establecer diagnóstico de trastorno de estrés postraumático. Se utilizan los criterios DSM-IV-TR que establecen la presencia de al menos 1 síntoma de reexperimentación, 3 de evitación y 2 de aumento de activación para considerar que una persona presenta el trastorno. Se utiliza un criterio conservador para calificar la presencia de síntomas: el síntoma se considera presente sólo cuando las respuestas refieran que éste es experimentado en las dos últimas semanas “entre cuatro y ocho veces” o “nueve veces o más”.

Procedimiento:

Se realizaron 2 sesiones:

Primera sesión:

- Formato informativo de solicitud de consentimiento.
- Entrevista clínica estructurada para el padre o tutor y la niña.
- Aplicación de prueba de memoria verbal a corto plazo y de atención (ENI).
- Aplicación de escala de depresión (CDI para niños).
- Aplicación de escala de ansiedad (STAIC).
- Evaluación de síndrome de estrés postraumático (Escala CAPSS, basada en el DSM-IV).
- Evaluación de coeficiente intelectual (WISC-IV, versión abreviada: vocabulario y diseño con cubos).

Segunda sesión:

- Sesión de registro EEG basal (ojos abiertos) y durante la ejecución de las pruebas TOH y WSCT.

* Nota: En la primera sesión se determinó la fecha para la segunda sesión, la cual se llevó a cabo del 4° al 8° día posterior al primer día menstruación.

Registro Electroencefalográfico

Se tomaron tres períodos de respuestas electroencefalográficas por cada sujeto; el primer periodo fue el de línea base en reposo con ojos abiertos con 3 minutos de duración. Se dió un tiempo de 3 minutos de descanso. El segundo periodo fue de dos fases; la primera fase consistió en un registro de 7 minutos correspondiente al tiempo aproximado de la realización de la TOH (considerando que algunos sujetos terminan antes del tiempo asignado para la tarea). Posteriormente se dieron 5 minutos de descanso. En la segunda fase se aplicó la prueba WSCT, la cual duró un tiempo aproximado de 15 minutos (ver Figura 2). El orden de ejecución de las pruebas se realizó en forma contrabalanceda, es decir, la mitad de los sujetos realizaron primero la prueba de Wisconsin.

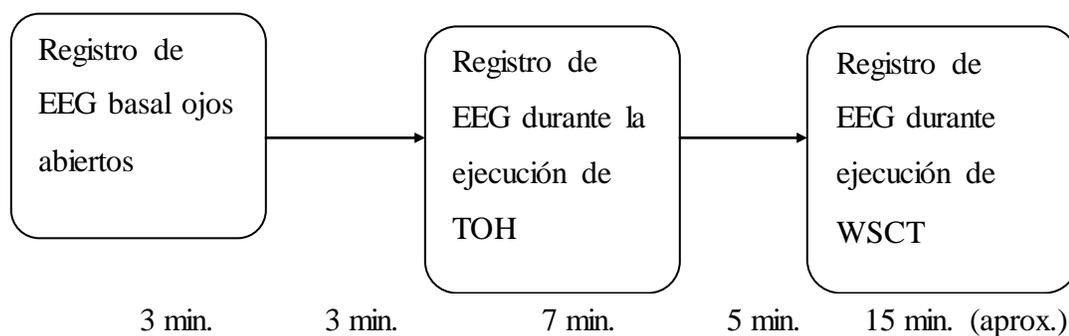


Figura 2. Secuencia del registro electroencefalográfico durante la línea basal y durante la ejecución de las pruebas TOH y WSCT.

La actividad EEG se registró en las derivaciones: Fp1, Fp2, F3, F4 P3 y P4 de acuerdo con el Sistema Internacional 10-20 de colocación de electrodos (Jasper, 1958), con orejas cortocircuitadas como referencia, por medio de un polígrafo Grass (filtros de 1 a 60 Hz). Los electrodos que se utilizaron fueron de tipo platillo con recubrimiento de chapa de oro. La impedancia de los electrodos fue menor de 10 Kohms. Las muestras tomadas fueron de 1024 puntos a una frecuencia de muestreo de 512 Hz. Se revisó la actividad EEG fuera de

línea para eliminar segmentos contaminados y posteriormente, se obtuvieron los valores normalizados de la Correlación Interhemisférica (r_{TER}) e Intrahemisférica (r_{TRA}).

Aplicación de la prueba TOH

De manera general, esta prueba consiste en lo siguiente: se tienen tres torres, en una de ellas hay n cantidad de discos de diferentes tamaños, organizados por tamaño, de manera que el mayor está debajo de los demás y así sucesivamente. El problema consiste en mover todos los discos a otra torre, pero con la condición de mover sólo uno cada vez, los discos siempre tienen que estar en una de las torres y nunca se puede colocar un disco mayor sobre uno menor.

La versión computarizada que se utilizó en este experimento fue HANOIPC3 (Guevara et al., 2009) la cual requiere de una computadora y se sugiere un miniteclado (el teclado normal también sirve) que se conecta a través de un puerto USB, el cual tiene 9 teclas: una fila de 3 teclas rojas, otra fila de 3 teclas verdes y otra de 3 teclas azules, las cuales corresponden a los colores de los 3 discos que se utilizaron en la tarea y las posiciones de las teclas corresponden a las tres torres de la prueba, pero se añadió una regla más: durante el movimiento de los discos no está permitido saltar torres intermedias, es decir, el movimiento de un disco debe ser de una torre a la torre contigua (la computadora va marcando los errores de ejecución), por lo tanto el número mínimo de movimientos que se requieren para realizar la tarea es de 26 (mientras en la versión clásica el número mínimo de movimientos para realizar la prueba con tres discos es de 7).

Parámetros evaluados en la prueba de TOH

- Latencia del primer movimiento
- Tiempo total de ejecución
- Número de movimientos
- Movimientos correctos
- Movimientos incorrectos
- Tarea completa e incompleta

Aplicación de la prueba WCST

De manera general, esta prueba consiste en 4 tarjetas muestra y 128 tarjetas estímulo que contienen figuras de varias formas (círculos, cruces, triángulos, estrellas), colores (verde, azul, rojo y amarillo), y distinto número de figuras (1, 2, 3, 4). El sujeto debe clasificar las tarjetas de estímulo con las tarjetas de muestra, deduciendo los criterios para hacerlo correctamente de la información que le proporciona el examinador en cada ensayo. Los criterios de clasificación pueden ser por forma, color y número.

La versión computarizada que se utilizó en este experimento requiere de una computadora y un miniteclado (aunque también puede servir el teclado normal) que se le conecta a través de un puerto USB, en el cual se considerarán 4 teclas para la realización de la tarea, tales teclas corresponderán a cada una de las tarjetas de muestra que estarán de forma permanente en la parte superior de la pantalla, a las que se igualará cada una de las tarjetas que vayan apareciendo en la parte inferior de la pantalla (la computadora irá registrando los resultados de cada uno de los parámetros considerados). Se le irán presentando al sujeto las tarjetas para categorizarlas comenzando por la categoría que el examinador considere pertinente. Una vez que el sujeto acierte 10 tarjetas continuas de la primera categoría, entonces pasará a la siguiente y así sucesivamente. La cantidad de tarjetas estímulo presentadas durante la tarea dependerá de la ejecución del sujeto. Si el sujeto logra realizar de forma acertada las primeras 5 categorías de manera continua, entonces terminará el juego, pero si no es así, continuarán apareciendo las tarjetas estímulo hasta que estas se terminen si el sujeto no logra acertar en su ejecución de clasificación de las tarjetas.

Parámetros evaluados en la prueba de WCST

- Total de estímulos presentados
- Total de ejecuciones correctas
- Total de ejecuciones incorrectas
- Total de errores perseverativos
- Secuencias terminadas.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para los parámetros de la ejecución de TOH y para los de WCST se realizaron pruebas t de Student para grupos independientes, aceptándose un nivel de significancia de $p \leq 0.05$.

Con respecto al análisis cuantitativo de los datos del registro electroencefalográfico, se realizaron análisis de varianza por separado para parámetros EEG durante TOH y durante WCST. Se hizo ANDEVA (con $p \leq 0.01$) mixto de dos factores (2×2), grupos (con tept y controles) condiciones (basal y durante tarea), para cada parámetro de correlación (r) obtenida del registro EEG y en cada banda de actividad EEG para cada par de derivaciones; es decir, se realizó un ANDEVA para la correlación interhemisférica (Fp1-Fp2 y F3-F4) por cada banda. Además se realizó una serie de análisis igual para cada correlación intrahemisférica (Fp1-F3, Fp2-F4, Fp1-P3, Fp2-P4, F3-P3 y F4-P4) por cada banda. Todos los valores de correlación se transformaron a Z de Fisher (con objeto de normalizarlas). Las bandas consideradas para el análisis fueron: delta (de 1.0 a 3.5 Hz), theta (de 4.0 a 7.5 Hz), alfa1 (de 8.0 a 10.5 Hz), alfa2 (de 11.0 a 13.5 Hz), beta1 (de 14.0 a 19.5 Hz) beta2 (de 20.0 a 30.0 Hz) y gamma (de 30.0 a 50 Hz).

RESULTADOS

Características generales de los grupos

Grupo control

No. de suj.	Edad	Escolaridad	TEPT (CAPSS)	Depresión (CDI)	Ansiedad (STAIC)	C. I. (WISC-IV)	Atención visual (ENI)		Atención auditiva (ENI)		Memoria verbal auditiva (ENI)	
							<i>Dibujos</i>	<i>Letras</i>	<i>Dígitos en progresión</i>	<i>Dígitos en regresión</i>	<i>Lista de palabras</i>	<i>Recuerdo de una historia</i>
1	12	6° de prim.	No	No	No	94	Bajo	Ext. bajo	Promedio	Promedio	Promedio	Por arriba del prom.
2	12	6° de prim.	No	No	No	91	Bajo	Prom. bajo	Por arriba del prom.	Por arriba del prom.	Promedio	Por arriba del prom.
3	14	3° de sec.	No	No	Si	94	Bajo	Bajo	Promedio	Prom. bajo	Bajo	Promedio
4	13	2° de sec.	No	No	No	91	Bajo	Bajo	Promedio	Promedio	Promedio	Ext. Bajo
5	14	3° de sec.	No	No	No	109	Ext. bajo	Prom. bajo	Promedio	Prom. bajo	Promedio	Promedio
6	14	3° de sec.	No	No	No	100	Ext. bajo	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Prom. bajo
7	15	2° de prepa	No	No	No	85	Ext. bajo	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio

Grupo con TEPT

No. de suj.	Edad	Escolaridad	TEPT (CAPSS)	Depresión (CDI)	Ansiedad (STAIC)	C. I. (WISC-IV)	Atención visual (ENI)		Atención auditiva (ENI)		Memoria verbal auditiva (ENI)	
							<i>Dibujos</i>	<i>Letras</i>	<i>Dígitos en progresión</i>	<i>Dígitos en regresión</i>	<i>Lista de palabras</i>	<i>Recuerdo de una historia</i>
1	13	1° de sec.	Si	Si	Si	103	Ext. bajo	Promedio	Promedio	Bajo	Bajo	Bajo
2	13	1° de sec.	Si	No	No	88	Ext. bajo	Ext. bajo	Promedio	Promedio	Ext. Bajo	Ext. bajo
3	13	2° de sec.	Si	No	No	100	Bajo	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio bajo	Promedio
4	16	2° de prepa	Si	No	Si	82	Ext. bajo	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Ext. Bajo
5	12	6° de prim.	Si	No	Si	109	Bajo	Bajo	Promedio	Promedio	Ext. bajo	Promedio
6	15	3° de sec.	Si	No	Si	82	Ext. bajo	Bajo	Promedio	Promedio	Promedio	Bajo
7	15	3° de sec.	Si	Si	Si	91	Ext. bajo	Promedio bajo	Por arriba del prom.	Promedio	Promedio	Promedio

Resultados de la ejecución de TOH

En las pruebas t de Student aplicadas a los parámetros de ejecución de la prueba TOH no se encontraron diferencias significativas.

Con respecto al parámetro tarea finalizada o no finalizada, 2 de las 7 participantes del grupo control terminaron la tarea en el tiempo considerado (7 minutos) mientras que en el grupo con TEPT la terminaron 3 de 7 participantes.

Resultados de la ejecución de WCST

En las pruebas t de Student aplicadas a los parámetros de ejecución de la prueba WCST se obtuvieron diferencias significativas sólo en el parámetro *total de ejecuciones correctas*, donde el grupo 2 (grupo con TEPT) obtuvo puntuaciones mayores comparado con el grupo 1 (control) (Figura 3). Sin embargo, el desempeño general de la prueba fue similar en ambos grupos, ya que no hubo diferencias significativas en el total de secuencias terminadas.

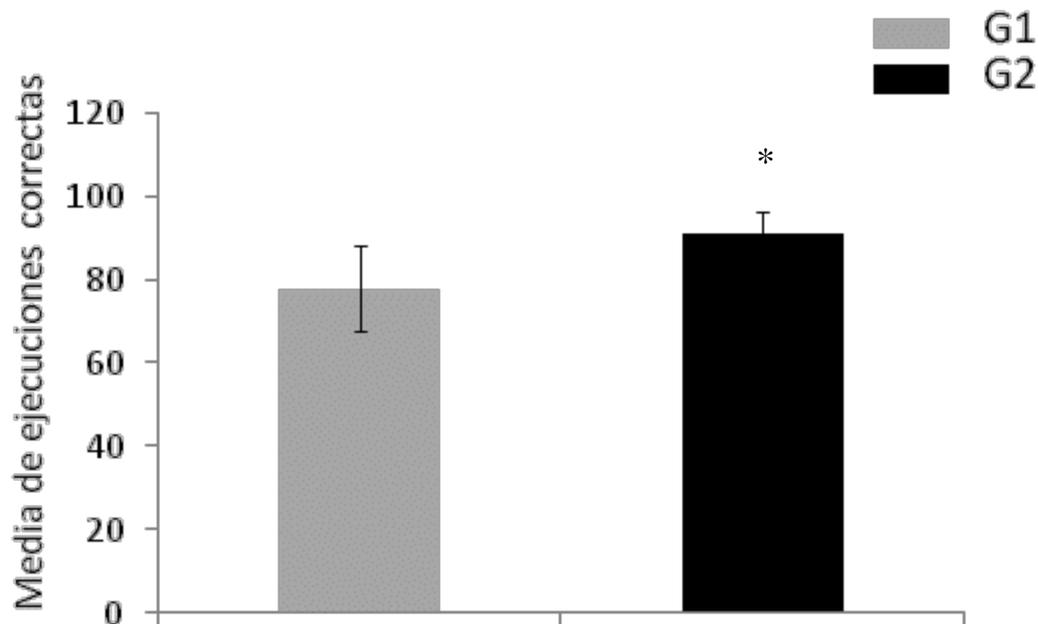


Figura 3. Media +/- 2 errores estándar de las ejecuciones correctas del grupo control (G1) y grupo con TEPT (G2) durante la ejecución de la tarea WCST. * $p \leq 0.05$ significativamente mayor respecto a G1.

Resultados de actividad EEG

Comparación entre grupos

En el análisis ANDEVA de dos factores (2 grupos x 2 condiciones) de la correlación de la actividad EEG, se consideró la comparación entre las condiciones (basal y Hanoi) y (basal y Wisconsin) para cada par de derivaciones tanto inter como intrahemisféricas (Fp1-Fp2, F3-F4, P3-P4, Fp1-F3, Fp2-F4, Fp1-P3, Fp2-P4, F3-P3 y F4-P4) para las bandas: delta, theta, alfa1, alfa2, beta1, beta2 y gamma.

En la correlación interhemisférica frontopolar (Fp1-Fp2) sólo durante la ejecución de Hanoi el grupo 2 presentó una mayor correlación con respecto al grupo 1 en la banda alfa1 ($F_{1,12} = 3.31$, $p < .05$) (Figura 4A). No se encontraron diferencias significativas en las condiciones basal ni Wisconsin.

En la correlación interhemisférica prefrontal (F3-F4) el grupo 2 presentó una mayor correlación con respecto al grupo 1 en las condiciones basal y Wisconsin en la banda delta ($F_{1,12} = 8.71$, $p < .01174$) y sólo en basal en theta ($F_{1,12} = 4.52$, $p < .05000$) (Figura 4B).

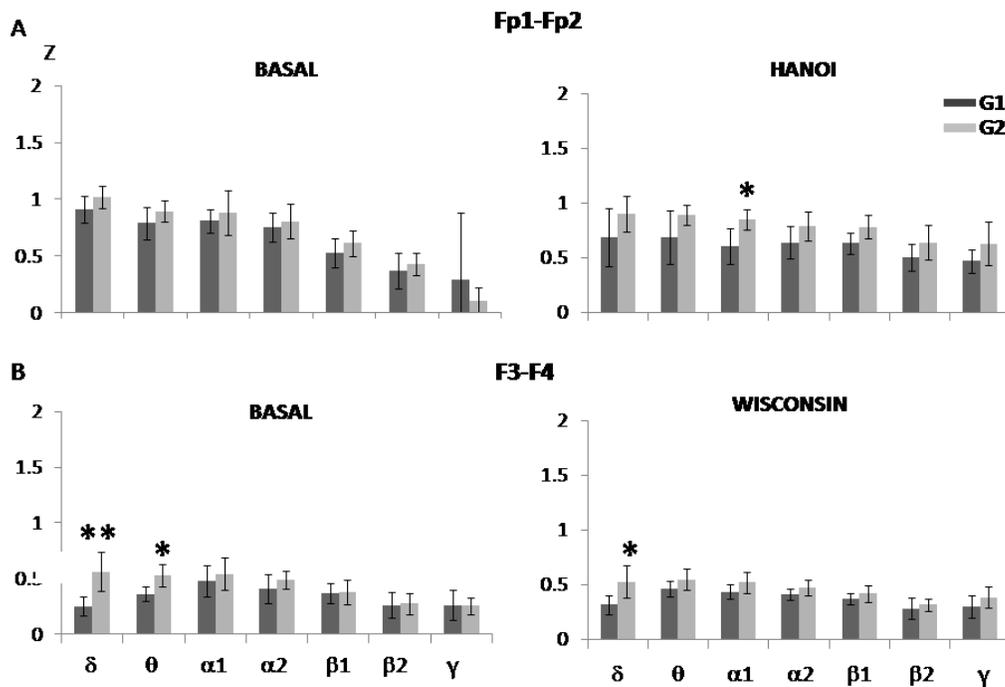


Figura 4. Media ± 2 errores estándar de la correlación interhemisférica en la comparación entre grupos de todas las bandas de frecuencia EEG en las condiciones basal y Hanoi (A: Fp1–Fp2) y basal y Wisconsin (B: F3-F4). * $p \leq 0.05$, G2 (adolescentes con TEPT) comparadas con G1 (grupo control).

En la correlación intrahemisférica frontopolar-prefrontal izquierda (Fp1-F3) el grupo 2 presentó una mayor correlación con respecto al grupo 1 en la banda delta en las tres condiciones: basal ($F_{1,12} = 7.17$, $p < .01924$), Hanoi ($F_{1,12} = 6.50$, $p < .02431$) y Wisconsin ($F_{1,12} = 7.17$, $p < .01924$) (Figura 5A).

En la correlación intrahemisférica frontopolar-parietal izquierda (Fp1-P3) el grupo 1 presentó una mayor correlación con respecto al grupo 2 en la banda theta ($F_{1,12} = 13.39$, $p < .00351$) en las condiciones basal y Wisconsin además de la banda alfa1 ($F_{1,12} = 4.28$, $p < .05000$) sólo en Wisconsin (Figura 5B). En la correlación intrahemisférica frontopolar-parietal derecha (Fp2-P4) también se observó que el grupo 1 presentó una mayor correlación con respecto al grupo 2 en la banda theta ($F_{1,12} = 6.75$, $p < .02226$) en las condiciones basal y Wisconsin (Fig. 3 C).

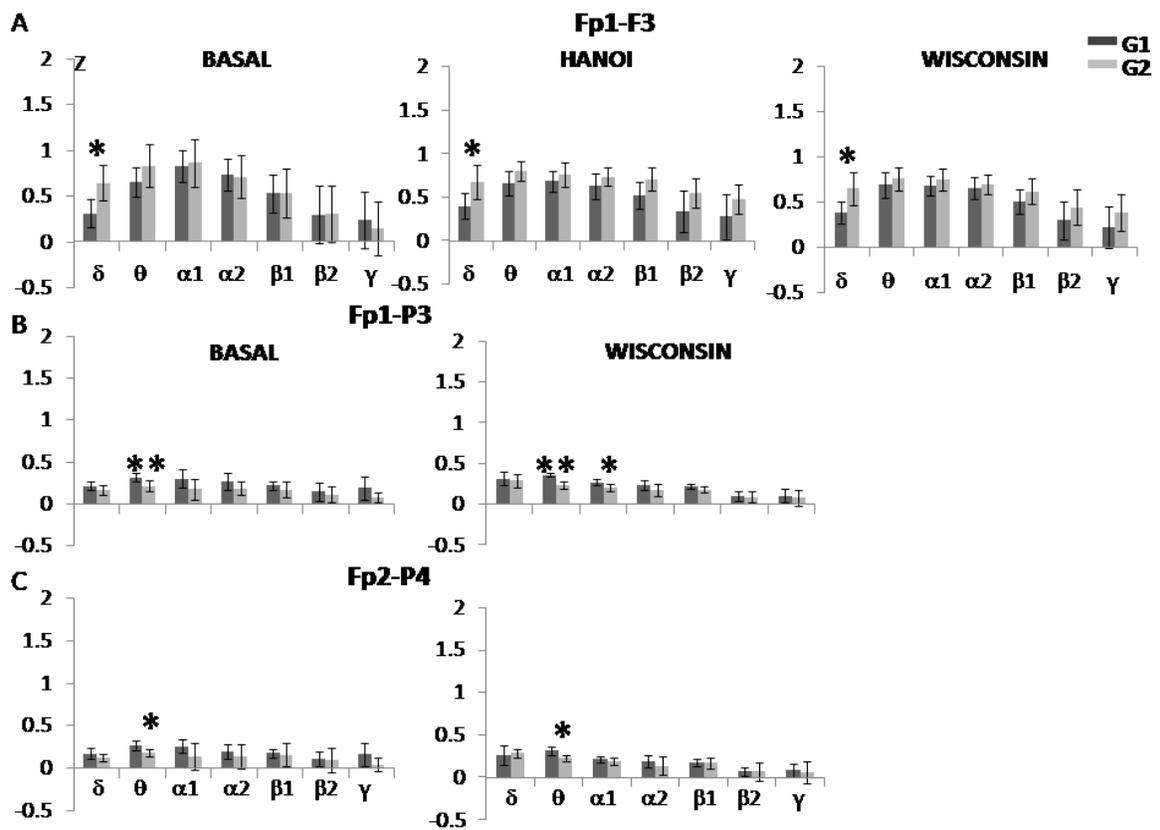


Figura 5. Media ± 2 errores estándar de la correlación intrahemisférica en la comparación entre grupos de todas las bandas de frecuencia EEG en las condiciones basal, Hanoi y Wisconsin (A: Fp1-F3) y basal y Wisconsin (B: Fp1-P3 y C: Fp2-P4). * $p \leq .05$ ** $p \leq .01$ G2 (adolescentes con TEPT) comparadas con G1 (grupo control).

Comparación entre condiciones

En la comparación basal contra Hanoi, sólo el grupo 2 presentó una mayor correlación interhemisférica frontopolar (Fp1-Fp2) durante Hanoi con respecto a basal en las bandas beta1 ($F_{1,12} = 15.64$, $p < .00220$), beta2 ($F_{1,12} = 12.06$, $p < .00476$) y gamma ($F_{1,12} = 21.80$, $p < .00079$) (Figura 6A). En la correlación prefrontal (F3-F4) el grupo 1 presentó una mayor correlación en la condición basal con respecto a Hanoi sólo en la banda alfa1 ($F_{1,12} = 17.86$, $p < .00146$), mientras que el grupo 2 presentó una mayor correlación en basal con respecto a Hanoi en las bandas delta ($F_{1,12} = 14.75$, $p < .00263$), alfa1 ($F_{1,12} = 17.86$, $p < .00146$) y alfa2 ($F_{1,12} = 7.60$, $p < .01668$) y una mayor correlación en Hanoi con respecto a basal en la banda gamma ($F_{1,12} = 9.66$, $p < .00891$) (Figura 6B).

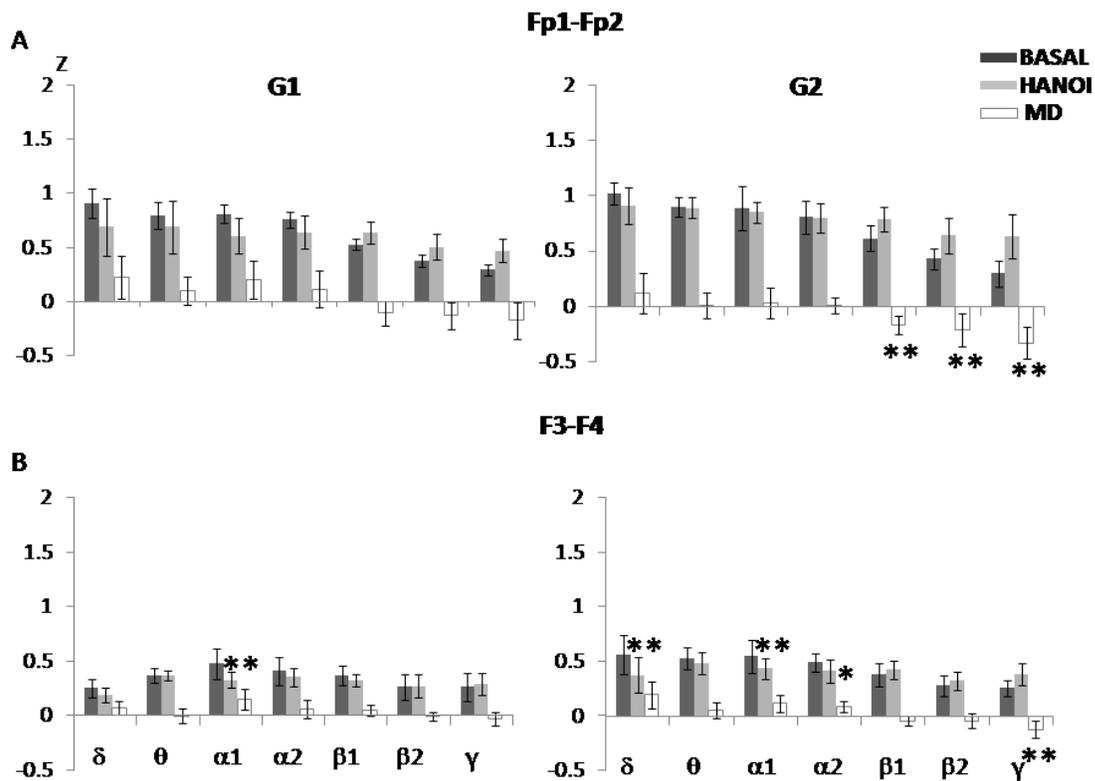


Figura 6. Media ± 2 errores estándar y diferencia de medias entre las condiciones basal y Hanoi de los dos grupos en la correlación interhemisférica (A: Fp1-Fp2 y B: F3-F4) en todas las bandas de frecuencia EEG. * $p \leq .05$, ** $p \leq .01$ Hanoi respecto a basal.

En la correlación interhemisférica frontopolar (Fp1-Fp2) en la comparación entre las condiciones basal y Wisconsin, el grupo 1 presentó una mayor correlación en Wisconsin con respecto a basal en las bandas delta ($F_{1,12} = 17.68$, $p < .00151$), theta ($F_{1,12} = 49.14$, $p < .00007$), y beta1 ($F_{1,12} = 30.70$, $p < .00027$). El grupo 2 presentó una mayor correlación en Wisconsin con respecto a basal en las bandas delta ($F_{1,12} = 17.68$, $p < .00151$), theta ($F_{1,12} = 49.14$, $p < .00007$), alfa2 ($F_{1,12} = 25.41$, $p < .00049$), beta1 ($F_{1,12} = 30.70$, $p < .00027$), beta2 ($F_{1,12} = 6.29$, $p < .02622$) y gamma ($F_{1,12} = 11.39$, $p < .00561$) (Figura 7A). En la correlación prefrontal (F3-F4) el grupo 1 presentó una mayor correlación en Wisconsin con respecto a basal sólo en la banda theta ($F_{1,12} = 17.44$, $p < .00157$), mientras que el grupo 2 sólo en la banda gamma ($F_{1,12} = 10.41$, $p < .00724$) (Figura 7B).

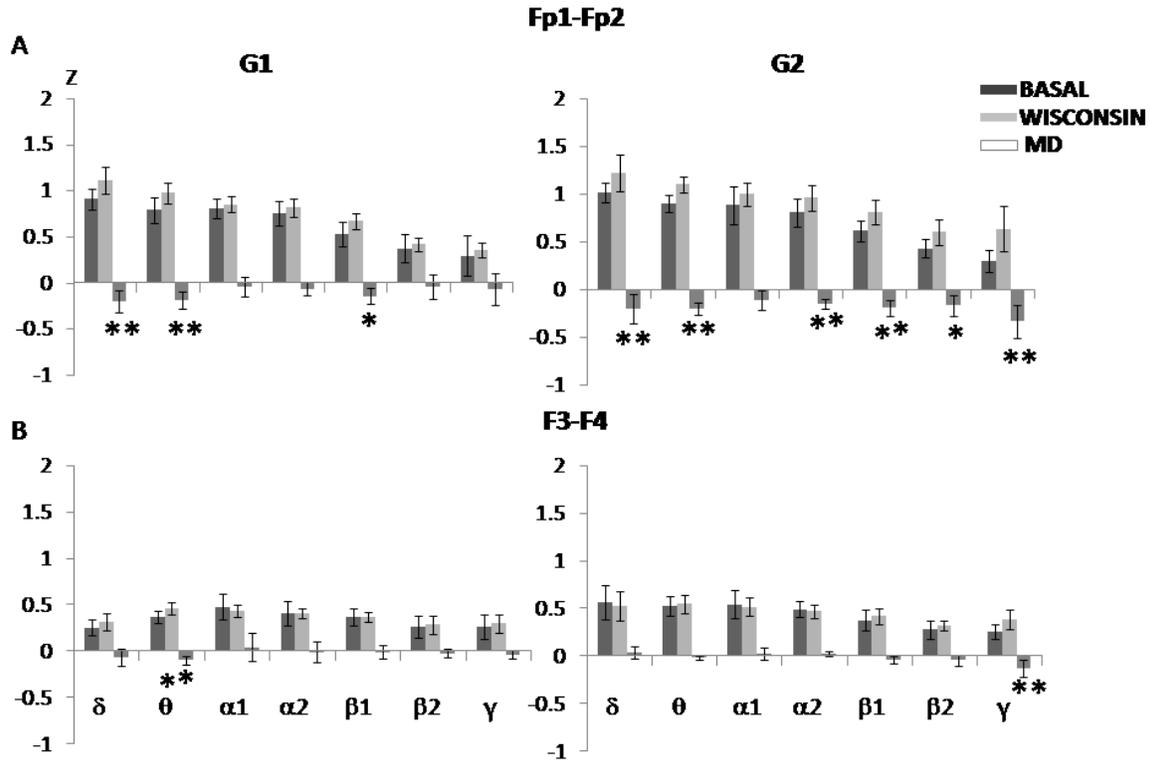


Figura 7. Media ± 2 errores estándar y diferencia de medias entre las condiciones basal y Wisconsin de los dos grupos en la correlación interhemisférica (A: Fp1-Fp2 y B: F3-F4) en todas las bandas de frecuencia EEG. * $p \leq .05$, ** $p \leq .01$ Wisconsin respecto a basal.

En la correlación intrahemisférica izquierda (Fp1-F3) de la comparación entre las condiciones basal y Hanoi, el grupo 1 presentó una mayor correlación en basal con respecto a Hanoi sólo en la banda alfa1 ($F_{1,12} = 9.99$, $p < .00811$); el grupo 2 presentó una mayor correlación en Hanoi con respecto a basal sólo en gamma ($F_{1,12} = 6.98$, $p < .02053$) (Figura 8A). En la correlación Fp1-P3, el grupo 1 presentó una mayor correlación en Hanoi con respecto a basal en la banda delta ($F_{1,12} = 69.65$, $p < .00003$) y una mayor correlación en basal con respecto a Hanoi en beta2 ($F_{1,12} = 3.35$, $p < .05000$) y gamma ($F_{1,12} = 3.36$, $p < .05000$), mientras que el grupo 2 sólo presentó una mayor correlación en Hanoi con respecto a basal en delta ($F_{1,12} = 69.65$, $p < .00003$) (Figura 8B). En la correlación F3-P3 sólo el grupo 2 presentó una mayor correlación en Hanoi con respecto a basal en delta ($F_{1,12} = 5.73$, $p < .03240$) beta2 ($F_{1,12} = 6.38$, $p < .02543$) y gamma ($F_{1,12} = 6.61$, $p < .02335$) (Figura 8C).

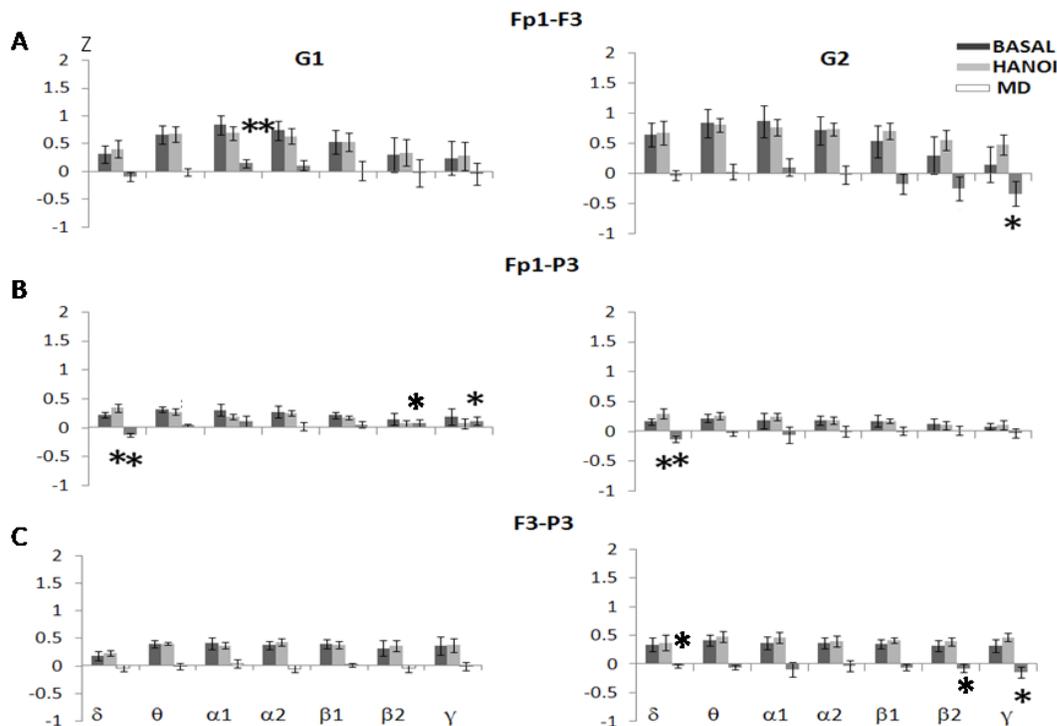


Figura 8. Media ± 2 errores estándar y diferencia de medias entre las condiciones basal y Hanoi de los dos grupos en la correlación intrahemisférica izquierda (A: Fp1-F3, B: Fp1-P3, C: F3-P3) en todas las bandas de frecuencia EEG. * $p \leq .05$, ** $p \leq .01$ Hanoi respecto a basal.

En la correlación intrahemisférica derecha (Fp2-F4) de la comparación entre las condiciones basal y Hanoi, sólo el grupo 1 presentó una mayor correlación en basal con respecto a Hanoi en las bandas theta ($F_{1,12} = 13.95$, $p < .00310$), alfa1 ($F_{1,12} = 20.97$, $p < .00089$) (Figura 9A). En la correlación Fp2-F4, el grupo 1 presentó una mayor correlación en Hanoi con respecto a basal en la banda delta ($F_{1,12} = 61.51$, $p < .00004$) y una mayor correlación en basal con respecto a Hanoi en las bandas beta2 ($F_{1,12} = 5.67$, $p < .03309$) y gamma ($F_{1,12} = 3.64$, $p < .05000$), mientras que el grupo 2 presentó una mayor correlación en Hanoi con respecto a basal sólo en la banda delta ($F_{1,12} = 61.51$, $p < .00004$) (Figura 9B). En la correlación F4-P4 sólo el grupo 2 presentó una mayor correlación en Hanoi con respecto a basal en las bandas delta ($F_{1,12} = 16.69$, $p < .00180$), theta ($F_{1,12} = 7.70$, $p < .01612$), beta2 ($F_{1,12} = 10.38$, $p < .00730$) y gamma ($F_{1,12} = 29.71$, $p < .00030$) (Figura 9C).

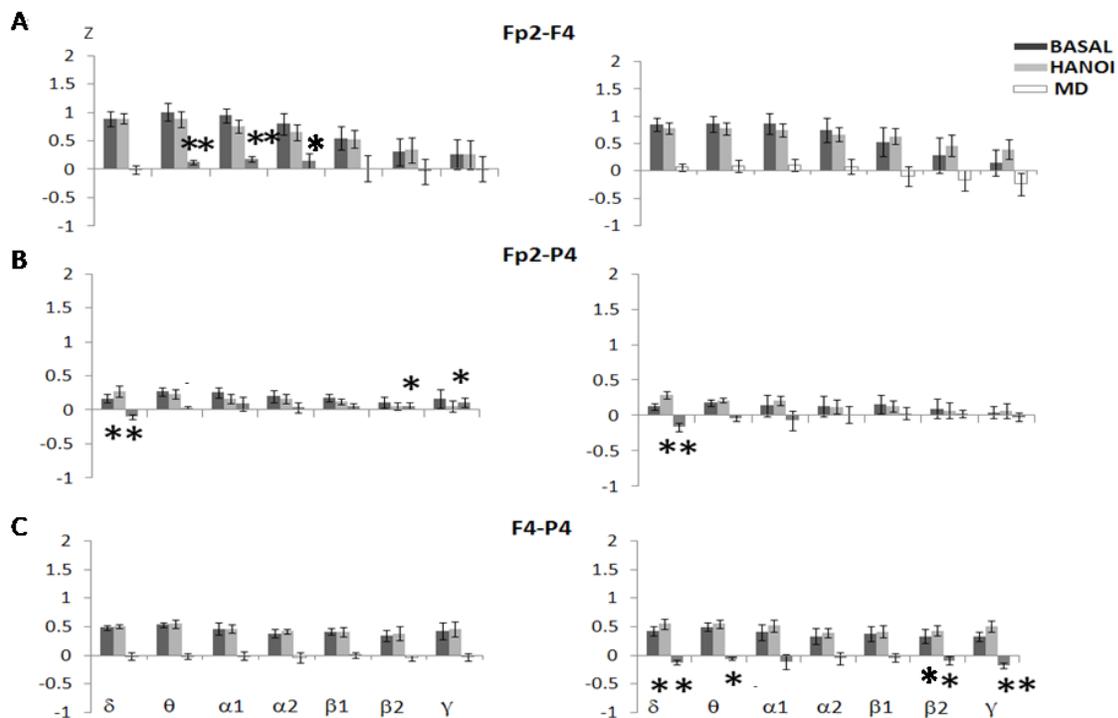


Figura 9. Media ± 2 errores estándar y diferencia de medias entre las condiciones basal y Hanoi de los dos grupos en la correlación intrahemisférica derecha (A: Fp2-F4, B: Fp2-P4, C: F4-P4) en todas las bandas de frecuencia EEG. * $p \leq .05$, ** $p \leq .01$ Hanoi respecto a basal.

En la correlación intrahemisférica izquierda frontopolar-prefrontal (Fp1-F3) de la comparación entre las condiciones basal y Wisconsin, sólo el grupo 1 presentó una mayor correlación en Wisconsin con respecto a basal en la banda alfa1 ($F_{1,12} = 7.27$, $p < .01860$) (Figura 10A). En la correlación intrahemisférica derecha frontopolar-prefrontal (Fp2-F4) sólo el grupo 1 presentó una mayor correlación en basal con respecto a Wisconsin en las bandas theta ($F_{1,12} = 9.32$, $p < .00982$) y alfa1 ($F_{1,12} = 18.25$, $p < .00137$) (Figura 10B). En la correlación intrahemisférica derecha frontopolar-parietal (Fp2-P4) ambos grupos presentaron una mayor correlación en Wisconsin con respecto a basal en la banda delta ($F_{1,12} = 31.58$, $p < .00025$); asimismo el grupo 1 presentó una menor correlación en theta en Wisconsin con respecto a basal, mientras que el grupo 2 presentó una mayor correlación en la misma banda en Wisconsin con respecto a basal ($F_{1,12} = 16.55$, $p < .00185$). En la correlación intrahemisférica derecha prefronto-parietal (F4-P4) el grupo 1 presentó una mayor correlación en Wisconsin con respecto a basal en las bandas theta ($F_{1,12} = 30.57$, $p < .00027$) y beta2 ($F_{1,12} = 8.32$, $p < .01326$); mientras que el grupo 2 presentó una mayor correlación en Wisconsin con respecto a basal en las bandas delta ($F_{1,12} = 23.29$, $p < .00064$), theta ($F_{1,12} = 30.57$, $p < .00027$), beta2 ($F_{1,12} = 8.32$, $p < .01326$) y gamma ($F_{1,12} = 30.75$, $p < .00027$).

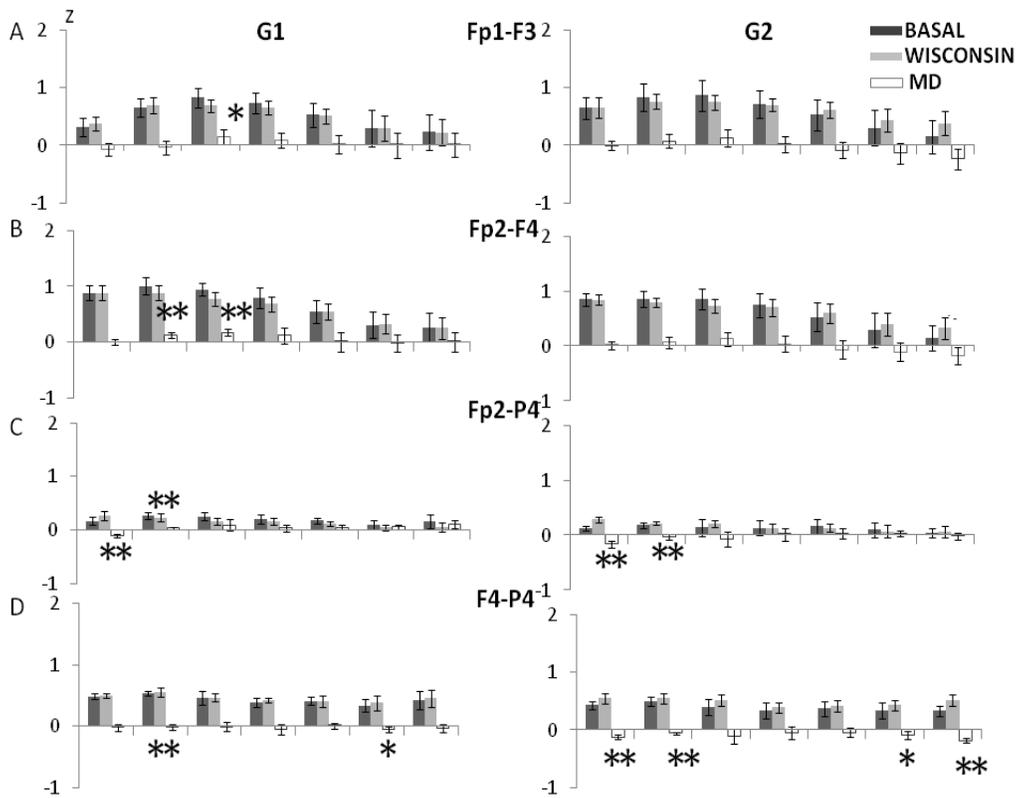


Figura 10. Media ± 2 errores estándar y diferencia de medias entre las condiciones basal y Wisconsin de los dos grupos en la correlación intrahemisférica izquierda (A: Fp1-F3) y derecha (B: Fp2-F4, C: Fp2-P4 y D: F4-P4) en todas las bandas de frecuencia EEG. * $p \leq 0.05$, ** $p \leq 0.01$ Wisconsin respecto a basal.

A continuación se resumen las comparaciones entre grupos y entre condiciones de las correlaciones entre las diferentes derivaciones y bandas (Tablas 2, 3 y 4).

Tabla 2. Comparación entre el grupo 2 (TEPT) y el grupo 1 (control) de la correlación INTERr e INTRAr en las diferentes bandas en las condiciones basal, Hanoi y Wisconsin.

Grupo 2-Grupo 1		δ	θ	$\alpha 1$	$\alpha 2$	$\beta 1$	$\beta 2$	γ
Fp1-Fp2	Basal							
	Hanoi			↑				
	Wisconsin							
F3-F4	Basal	↑	↑					
	Hanoi							
	Wisconsin	↑						
Fp1-F3	Basal	↑						
	Hanoi	↑						
	Wisconsin	↑						
Fp2-F4	Basal							
	Hanoi							
	Wisconsin							
Fp1-P3	Basal		↓					
	Hanoi							
	Wisconsin		↓	↓				
Fp2-P4	Basal		↓					
	Hanoi							
	Wisconsin		↓					
F3-P3	Basal							
	Hanoi							
	Wisconsin							

F4-P4	Basal							
	Hanoi							
	Wisconsin							

Tabla 3. Comparación entre condiciones del grupo 1 en las correlaciones INTERr frontales e INTRAr frontales y fronto-parietales en las condiciones Hanoi-basal y Wisconsin-basal en las diferentes bandas.

Grupo 1		δ	θ	$\alpha 1$	$\alpha 2$	$\beta 1$	$\beta 2$	γ
Fp1-Fp2	Hanoi-basal							
	Wisconsin-basal	↑	↑			↑		
F3-F4	Hanoi-basal			↓				
	Wisconsin-basal		↑					
Fp1-F3	Hanoi-basal			↓				
	Wisconsin-basal							
Fp2-F4	Hanoi-basal		↓	↓				
	Wisconsin-basal		↓	↓				
Fp1-P3	Hanoi-basal	↑	↓	↓				↓
	Wisconsin-basal							
Fp2-P4	Hanoi-basal	↑	↓			↓	↓	↓
	Wisconsin-basal	↑	↓					
F3-P3	Hanoi-basal							
	Wisconsin-basal							
F4-P4	Hanoi-basal							
	Wisconsin-basal	↑						

Tabla 4. Comparación entre condiciones del grupo 2 en las correlaciones INTERr frontales e INTRAr frontales y fronto-parietales en las condiciones Hanoi-basal y Wisconsin-basal en las diferentes bandas.

Grupo 2		δ	θ	$\alpha 1$	$\alpha 2$	$\beta 1$	$\beta 2$	γ
Fp1-Fp2	Hanoi-basal					↑	↑	↑
	Wisconsin-basal	↑	↑		↑	↑	↑	↑
F3-F4	Hanoi-basal	↓		↓	↓			↑
	Wisconsin-basal							↑
Fp1-F3	Hanoi-basal						↑	↑
	Wisconsin-basal							↑
Fp2-F4	Hanoi-basal							
	Wisconsin-basal							
Fp1-P3	Hanoi-basal	↑						
	Wisconsin-basal							
Fp2-P4	Hanoi-basal	↑						
	Wisconsin-basal	↑	↑					
F3-P3	Hanoi-basal		↑					↑
	Wisconsin-basal							
F4-P4	Hanoi-basal	↑	↑				↑	↑
	Wisconsin-basal	↑	↑					↑

DISCUSIÓN

Aun cuando en las hipótesis de este estudio se planteó que el desempeño de las adolescentes con TEPT (por abuso sexual crónico) sería deficiente a comparación las adolescentes control, los resultados fueron contrarios a los esperados, ya que el desempeño del grupo con TEPT fue similar al grupo control en la prueba TOH; asimismo, en la prueba Wisconsin, el grupo con TEPT obtuvo un mayor número de ejecuciones correctas comparado con el grupo control, no encontrándose diferencias en los demás parámetros entre los dos grupos.

Aunque en estudios anteriores se ha encontrado una alteración (en personas con abuso sexual con o sin TEPT) tanto anatómica como funcional de áreas cerebrales como la corteza prefrontal, cuerpo caloso, hipocampo, amígdala y vermis cerebelar (Stein et al., 1997; Tupler & de Bellis, 2006; Klits et al., 2005; Anderson et al., 2002), estructuras fundamentales para los procesos cognoscitivos, en este estudio no se encontraron diferencias entre los dos grupos en la ejecución de la prueba TOH; además el grupo con TEPT no sólo presentó un desempeño similar en casi todos los parámetros de WCST, sino que además presentó un mayor número de ejecuciones correctas, lo cual es un índice de que al grupo con TEPT le resultó más fácil identificar las distintas categorías propuestas por la tarea; asimismo, algunos autores consideran que un número elevado de aciertos implica pocos errores debidos al azar, y un estilo cognitivo basado en la flexibilidad cognitiva (Félix, 2007).

Estos datos sugieren que las deficiencias encontradas en otros estudios en sujetos con TEPT durante la ejecución de tareas cognoscitivas, no son generalizables a todas las tareas y a todos los procesos, y que si bien se ha encontrado que las adolescentes con TEPT por abuso sexual presentan deficiencias durante la realización de determinadas tareas que involucran procesos como la memoria (Yasik, Saigh, Oberfield, & Halamandaris, 2007), así como atención, razonamiento abstracto y funciones ejecutivas (Beers & De Bellis, 2002), también pudiera ser posible que dichas alteraciones cerebrales no afecten o incluso potencien otras funciones; tal es el caso de un estudio realizado por Twamley et al. (2004), en el cual encontraron un mejor desempeño en sujetos con TEPT comparados con controles en la habilidad para incrementar la eficiencia de aprendizaje sobre categorías sucesivas, por lo que estos autores consideran que dichos sujetos pueden ser cognoscitivamente resilientes

para este tipo de tareas o procesos involucrados; lo anterior es un dato importante a considerar para la evaluación de los efectos del abuso sexual y el TEPT.

Estos resultados pudieran explicarse considerando dos aspectos, uno de ellos es el tipo de estimulación ambiental, el cual pudiera estar propiciando una trayectoria de maduración diferente a la norma en las adolescentes con TEPT (por abuso sexual crónico); dicha estimulación ambiental adversa (el abuso sexual crónico intrafamiliar es considerado como un enorme estresor por la dinámica familiar caótica que involucra) demanda un desarrollo de estrategias tanto cognoscitivas como conductuales y emocionales que estas adolescentes se ven forzadas a realizar para sobrevivir, lo cual discrepa con lo esperado para su edad. Lo anterior está, sin duda, relacionado con un grado intenso de estrés, el cual es modulado principalmente por tres vías de respuesta: el sistema serotoninérgico, el sistema nervioso simpático/catecolaminas y el sistema hipotálamo-pituitaria-adrenal (Watts-English, Fortson, Gibler, Hooper, & De Bellis, 2006). Estos sistemas influyen de manera significativa las reacciones al estrés, el arousal, la regulación emocional, el desarrollo cerebral y cognoscitivo y contribuye al desarrollo de consecuencias negativas a largo plazo (McCrory, De Brito, & Viding, 2010). El otro aspecto es el propio TEPT, así como posiblemente otras alteraciones psicopatológicas comórbidas. En personas con TEPT se ha encontrado una alteración en la liberación de catecolaminas (Southwick, Krystal, Morgan, Johnson, Nagy, Nicolaou et al., 1993; Southwick, Krystal, Bremner, Morgan, Nicolaou, Nagy et al., 1997) y del cortisol (McFarlane, 1996) ante la exposición a estímulos estresantes; asimismo, se ha encontrado una alteración anatómica y funcional de diversas áreas cerebrales entre las que destaca el hipocampo (Bremner et al., 2003), vermis cerebelar (Anderson et al., 2002), cíngulo anterior (Woodward et al., 2006) amígdala y corteza prefrontal (Shin et al., 2004), entre otras. Considerando que dichas áreas cerebrales tienen una considerable cantidad de receptores a glucocorticoides, podría sugerirse un efecto de dicha alteración (Lupien et al., 2009) sobre el desarrollo cerebral, pudiendo esto no sólo deteriorar ciertas funciones, sino también acelerar su proceso de maduración. Algunos estudios sugieren que el estrés crónico puede acelerar el proceso de envejecimiento, postulando incluso que el estrés prolongado prematuramente puede agotar las reservas de "energía adaptativa", acelerando así el inicio de la senescencia. El "tipo de vida" puede ser un marcapasos del envejecimiento, ya que, al menos algunos biomarcadores de edad,

pueden ser acelerados por el estrés (Sapolsky, Krey, & McEwen, 2002). Lo anterior puede explicar, quizá, la eficiencia en la ejecución de las adolescentes con TEPT, en donde se observa un mayor grado de madurez en algunos procesos tales como la flexibilidad cognoscitiva, comparadas con el grupo control.

Con respecto a la correlación de la actividad EEG, los resultados también fueron contrarios a lo planteado en las hipótesis, pues se esperaba encontrar una menor correlación interhemisférica prefrontal y una mayor correlación intrahemisférica en el grupo con TEPT de acuerdo a lo encontrado en estudios previos; sin embargo, a pesar de que los resultados fueron diferentes a lo esperado, si se presentaron claras diferencias entre grupos tanto en la condición entre grupos como entre condiciones. El grupo con TEPT se caracterizó por presentar una mayor correlación interhemisférica prefrontal e intra frontopolar-prefrontal dorsolateral en casi todas las condiciones en las bandas lentas, así como una menor correlación intrahemisférica frontopolar-parietal tanto izquierda como derecha en las condiciones basal y Wisconsin también en las bandas lentas. En la comparación entre condiciones la principal diferencia fue que el grupo control presentó una mayor correlación entre áreas frontales pero una menor correlación entre frontales y parietales sobre todo de las bandas lentas durante las tareas, en tanto que el grupo TEPT se caracterizó por presentar una mayor correlación tanto inter como intrahemisférica en las bandas lentas y rápidas durante la condición de tareas comparado con la condición basal.

A continuación trataremos de dar una explicación neurofisiológica a cada uno de los cambios de correlación EEG encontrados.

Comparación entre grupos

Correlación interhemisférica prefrontal

En la comparación entre grupos se encontró una mayor correlación en el grupo con TEPT con respecto al grupo control en la correlación interhemisférica de áreas frontales (Fp1-Fp2 y F3-F4) en las bandas delta, theta y alfa1, lo cual es un hallazgo contrario a lo esperado. Considerando un estudio realizado por Miskovic et al. (2010) en el cual encontraron una menor coherencia en adolescentes maltratadas comparadas con controles, así como el hecho de que en algunos estudios se ha reportado una disminución del volumen del cuerpo caloso en personas que desarrollaron TEPT (Woodward et al., 2006), en este estudio se

hipotetizaba una menor correlación interhemisférica frontal en el grupo con TEPT. Sin embargo, el registro EEG en Miskovic (2010) fue realizado en condición de ojos cerrados, mientras que este estudio fue realizado en condición de ojos abiertos y durante la ejecución de dos tareas que requirieron procesos relacionados con las funciones ejecutivas, por lo que, considerando que uno de los síntomas del TEPT es la hipervigilancia, podría ser que la mayor correlación de las adolescentes con TEPT encontrada en este estudio esté relacionado con los niveles de ansiedad y atención excesiva ante una percepción de mayor demanda cognoscitiva de esta población, lo cual propicia un mayor acoplamiento funcional frontal en estas condiciones aún cuando en estudios previos se ha encontrado una disminución del volumen del cíngulo anterior (implicado de manera importante en el acoplamiento de los dos hemisferios en los lóbulos frontales). Por otro lado, en un estudio realizado por Tomoda, Suzuki, Rabi, Sheu, Ann Polcari, y Teicher (2009) encontraron un volumen reducido de materia gris prefrontal en jóvenes adultos expuestos de manera crónica a un estresor (castigo físico) durante la infancia. En base a lo anterior, es probable que las adolescentes con TEPT presenten un menor desarrollo en el volumen de sustancia gris frontal y por ende, requieran de una mayor cantidad de fibras mielinizadas en las áreas frontales como compensación de la disminución de la sustancia gris, lo cual permitiría una mayor conectividad interhemisférica frontal en un estado de vigilia, que quizá propicie una mejor ejecución de las tareas TOH y WSCT.

Correlación intrahemisférica frontopolar-prefrontal dorsolateral y prefronto-parietal

En la correlación intrahemisférica, el grupo con TEPT presentó una mayor correlación frontal izquierda (en Fp1-F3 en delta en las tres condiciones). Mientras que el grupo control presentó una mayor correlación intrahemisférica frontopolar-parietal tanto derecha como izquierda (Fp1-P3 y Fp2-P4) en las condiciones basales y Wisconsin en la banda theta, además en la banda alfa1 durante la ejecución de WCST en Fp1-P3. Con respecto a estos resultados se podría afirmar que las adolescentes con TEPT requirieron una mayor correlación intrahemisférica frontal (distancia corta), mientras que las adolescentes control requirieron una mayor correlación intrahemisférica frontopolar-parietal (distancia larga). Para explicar estos datos, recurriremos a la propuesta de Thatcher, Krause, & Hrybyk (1986), quienes plantearon la existencia de dos distintos tipos de conexiones cortico-

corticales, las conexiones de distancias cortas (fibras Golgi tipo II) y las de distancias largas (fibras Golgi tipo I). En esta propuesta, Thatcher et al. (1986) sugirieron un modelo basado en otro modelo sugerido por Braitenberg (1978) de sistemas de fibras axonales, considerando la coherencia de la actividad EEG como una relación matemática entre la neuroanatomía cortical, la neurofisiología y las propiedades espaciales. Estos dos distintos circuitos de entradas arquitectónicas reflejan la operación de dos diferentes sistemas: un sistema “A” el cual está compuesto de dendritas basales, axones colaterales y dependientes métricamente, conexiones de rango corto, que involucra principalmente interacciones locales en el orden de milímetros o unos pocos centímetros, lo cual ocurre principalmente, pero no exclusivamente dentro de la materia gris; y un sistema “B” el cual está compuesto de dendritas apicales, axones mayores, y conexiones cortico-corticales no métricamente dependientes que involucra interacciones de largo rango en el orden de varios centímetros lo cual representa la mayoría de las fibras de sustancia blanca. Estos dos sistemas (materia gris versus materia blanca) exhiben dos diferentes propiedades de redes. El sistema “B”, debido a sus conexiones recíprocas e invariantes de las terminaciones dendríticas está involucrado en una retroalimentación o en un lazo de sistemas de larga distancia, en contraste, el sistema “A” debido a la invariante profundidad de las dendritas basales no está involucrado en lazos de procesos recíprocos, sino más bien en un tipo de difusión del proceso de transmisión.

Tomado como base este modelo para explicar los resultados en la comparación entre grupos de la correlación intrahemisférica, se podría sugerir que las adolescentes con TEPT, comparadas con las adolescentes control, utilizan diferentes sistemas de conexiones cortico-corticales, donde las adolescentes con TEPT utilizan más el sistema “A”, mientras que las adolescentes control el sistema “B”. Sin embargo la interpretación de la comparación entre grupos en la correlación EEG no es tan simple, ya que el grupo con TEPT presentó una mayor correlación interhemisférica frontal, lo cual es un índice de funcionalidad en la cual participa, principalmente, la sustancia blanca, pudiendo sugerir quizá una trayectoria diferente de desarrollo a nivel cerebral en donde no sólo está implicada la cantidad de sustancia blanca y sustancia gris a través del desarrollo, sino también otros parámetros determinantes en funcionalidad cerebral subyacente a la cognición, emoción y conducta que también influyen en el nivel de correlación EEG. De

acuerdo a lo anterior algunos investigadores han propuesto que la exposición del cerebro en desarrollo a las hormonas del estrés, afecta diversos parámetros como la mielinización, morfología neural, neurogénesis y sinaptogénesis (Teicher et al., 2002), los cuales están íntimamente relacionados con el desarrollo de la sustancia blanca y gris y, por ende, con la funcionalidad cerebral de tal manera que las adolescentes con TEPT tuvieron una diferente sincronía EEG inter e intra cortical respecto a las controles.

Por otro lado, sólo el grupo con TEPT presentó una mayor correlación inter e intrahemisférica frontal en la banda delta, la cual se ha demostrado que aumenta considerablemente durante los experimentos odd-ball, por lo que esta banda está relacionada con la señal de detección y toma de decisiones (Basar-Eroglu, Basar, Demiralp, & Schürmann, 1995). Además, algunos informes han demostrado que la banda delta aparece durante los procesos de "concentración" en la ejecución de las tareas mentales que requieren atención para procesamiento interno (Harmony et al., 1996). Por otro lado, con respecto a las bandas theta y alfa1, los dos grupos presentaron una mayor correlación en estas bandas pero en diferentes áreas, donde el grupo con TEPT presentó una mayor correlación con respecto al grupo control en la correlación interhemisférica frontal, mientras que el grupo control presentó una mayor correlación con respecto al grupo con TEPT en la correlación intrahemisférica fronto-parietal. La sincronización en la banda theta se ha relacionado con la memoria episódica y la codificación de la información nueva (Klimesh, 1999). Además, se ha observado un aumento en la banda theta durante el procesamiento de tareas que requieren funciones ejecutivas (Mizuhara & Yamaguchi, 2007) y en el aumento de la dificultad de la tarea (Basar et al., 2001; Mizuki, Tanaka, & Isozaki, 1980; Rugg & Dickens, 1982). Por ejemplo, Mizuhara y Yamaguchi (2007) reportaron la primera evidencia de que la sincronización de fase theta coordina dinámicamente los circuitos ejecutivos centrales, incluyendo la corteza prefrontal medial y regiones corticales posteriores. La banda alfa1 se ha relacionado con demandas generales de la tarea (Gevins, Smith, McEvoy, & Yu, 1997; Weiss & Rappelsberger) y con procesos atencionales (Shaw, 1996).

Se ha descrito que la maduración de la sincronía neural así como de cambios en la anatomía y fisiología cerebral durante la adolescencia es compatible con el desarrollo de las funciones cognitivas (Luna et al., 2004). Respecto al desarrollo humano normal existe

poca literatura en relación a cambios EEG a través de la edad, principalmente durante la adolescencia, y más escasos aún son los estudios que relacionen dichos cambios con la actividad electroencefalográfica durante la ejecución de tareas cognoscitivas. Uno de estos pocos estudios fue realizado por ejemplo, por Thatcher, North, & Biver (2008) quienes pusieron a prueba la hipótesis de que la maduración de la materia blanca consiste en el desarrollo diferencial de conexiones de fibras a larga y corta distancia lo cual se refleja en los cambios de las oscilaciones cerebrales. La actividad EEG específicamente entre los 2 meses y los 16 años de edad estuvo caracterizada por un incremento de la coherencia de beta en las distancias cortas (< 6 cm) mientras que la coherencia en las distancias largas (> 24 cm) no varió con la edad. Asimismo se han encontrado cambios durante el desarrollo en la coherencia de la banda beta entre los 7-9 y 12-14 años de edad en donde los adolescentes mostraron mayores niveles de coherencia comparados con los niños (Farmer, Gibbs, & Stephens, 2007). El desarrollo de la materia blanca que continúa hasta la edad adulta (Toga, Thompson, & Sowell, 2006) probablemente contribuye a la maduración de la sincronización de distancias largas entre regiones corticales incrementando la precisión y frecuencia con las cuales las oscilaciones neurales pueden ser propagadas. Esto es apoyado por estudios que han mostrado que la mielinización de fibras de axones largos aumenta durante la adolescencia y resulta en un perfeccionamiento de la conectividad de distancias largas (Uhlhaas, Frederic, Rodriguez, Rotarska-Jagiela, & Singer, 2010). Los resultados de este estudio coinciden con la propuesta mencionada, ya que las adolescentes control presentaron una mayor correlación en las conexiones de distancias largas (fronto-parietales) tanto en condición basal como durante la ejecución de Wisconsin. Estos resultados podrían sugerir un diferente proceso de maduración de la sustancia blanca que en el caso de las adolescentes con TEPT, a pesar de presentar una menor sincronización entre áreas frontales y parietales, fueron capaces de ejecutar adecuadamente las tareas.

Comparación entre condiciones

Correlación interhemisférica prefrontal (Fp1-Fp2 y F3-F4)

El grupo con TEPT presentó, de manera general, una mayor correlación durante la ejecución de las tareas comparado con la condición basal en las bandas rápidas (beta y gamma), así como un aumento y disminución en las bandas lentas (delta, theta, alfa1 y

alfa2); mientras que el grupo control presentó un aumento en las bandas lentas y en beta1 así como un decremento de alfa1. De acuerdo a estos resultados por lo tanto, se podría sugerir que el grupo control, en la correlación interhemisférica requirió procesos específicos de tipo atencional (aumento de alfa1 en la correlación interhemisférica) (Shaw, 1996), así como de procesos de detección y toma de decisiones (mayor correlación sólo en la banda delta) (Basar-Eroglu, Basar, Demiralp, & Schürmann, 1995). Mientras que el grupo con TEPT requirió de un mayor número de procesos cognoscitivos, ya que presentó un aumento de casi todas las bandas.

Correlación intrahemisférica frontopolar-prefrontal y prefronto-parietal

El grupo con TEPT presentó un aumento tanto de bandas lentas (delta y theta) y rápidas (beta y sobre todo gamma) durante la ejecución de las tareas comparado con la condición basal; mientras que el grupo control presentó una disminución en theta y alfa1 así como un aumento de delta de manera general, y una disminución en las bandas beta y gamma sólo en la correlación frontopolar-parietal.

De acuerdo a estos resultados por lo tanto, se podría sugerir nuevamente, que el grupo con TEPT requirió de un mayor número de recursos cerebrales, ya que presentó un aumento de correlación tanto inter como intrahemisférica en casi todas las bandas, resaltando de manera importante las bandas rápidas, principalmente la banda gamma, en la cual el grupo control, por el contrario, presentó una disminución; esta banda, tanto en animales como en humanos, se ha relacionado con una amplia variedad de procesos cognoscitivos de alto orden incluyendo atención (John, Ahn, Pricep, Trepetin, Brown, & Kaye, 1980; Ray, Niebur, Hsiao, Sinai, & Crone, 2008), percepción (Basar, Basar-Eroglu, Karakas, & Schürmann, 2000; Gruber, Müller, & Keil, 2002; Lisman & Idiart, 1995), memoria (Basar et al., 2000; Fell, Klaver, Lehnertz, Grunwald, Schaller, Elger, et al., 2001) y lenguaje (Eulitz, Maess, Pantev, Friederici, Feige, & Elbert, 1996; Pulvermüller, F., Eulitz, C., Pantev, C., Mohr, B., Feige, B., Lutzenberger, W., et al., 1996). Además, de forma específica, la coherencia en la banda gamma se ha asociado al procedimiento de aprendizaje asociativo (Miltner, Braun, Arnold, Witte, & Taub, 1999). De acuerdo a Aoki, Fetz, Shupe, Lettich, & Ojemann (1999) la sincronización de la banda gamma durante tareas sensoriomotoras específicas tienen implicaciones ya sea de su posible rol funcional o

las oscilaciones son simplemente un epifenómeno de incrementos generales en la excitabilidad cortical asociada con la actividad conductual. Desde este punto de vista las oscilaciones transitorias pueden resultar si se supera un nivel crítico de inestabilidad cortical. Un argumento en contra de esta hipótesis afirma que las oscilaciones generalizadas no esenciales y el concomitante arrastre de muchas neuronas dentro de un disparo periódico (Murthy & Fetz, 1996) pueden interferir con sus interacciones normales y sus funciones en el ritmo de codificación. Sin embargo muchos pacientes epilépticos exhiben actividad sincrónica generalizada interictal que no afecta seriamente su conducta. En efecto, evidencias recientes sugieren que los patrones distribuidos de actividad cortical median diferentes conductas que deben ser superpuestas (Arieli, Sterkin, Grinvald, & Aertsen, 1996). Esto indicaría que la corteza puede soportar algún grado de oscilaciones epifenoménicas sin interrupción de la función normal. Además, se pueden considerar dos roles funcionales de la actividad gamma generalizada. La “hipótesis vinculante” sugiere que tal actividad sincrónica debe facilitar asociaciones entre las neuronas corticales que individualmente representan diferentes aspectos de una ‘gestalt’ dada, por ejemplo la percepción visual de una figura contra su fondo (Singer, 1994). De acuerdo a esta hipótesis la sincronía sirve como un código temporal que permite a las células representar las características de un objeto (Engel, KoÈnig, Kreiter, Schillen, & Singer, 1992). Otra hipótesis está basada en la evidencia de que las oscilaciones de la banda gamma aparecen bajo condiciones de alerta incrementada (Bouyer, Montaron, & Rougeul, 1981; Bouyer, Montaron, Vahnee, Albert, & Rougeul, 1987; Sheer, 1984). La hipótesis atencional es consistente con el hecho de que las oscilaciones gamma pueden ser evocadas por estimulación del sistema reticular del tronco cerebral (Munk, Roelfsema, KoÈnig, Engel, & Singer, 1996; Steriade, Dossi, Par'è, & Oakson, 1991).

Por otro lado, la maduración de la sincronía neural en la banda gamma durante la adolescencia es compatible con el desarrollo de funciones cognoscitivas durante este periodo que dependen de la sincronía neural tales como la memoria de trabajo y los procesos ejecutivos (Luna et al., 2004).

De acuerdo a lo anterior, podrían considerarse tres interpretaciones sobre el aumento de la banda gamma en el grupo con TEPT durante la ejecución de las tareas comparada con la condición basal: por un lado, que las adolescentes con TEPT presentan un desarrollo más

temprano con respecto a la coherencia de la banda gamma comparadas con las adolescentes control; otra interpretación podría ser que las adolescentes del grupo con TEPT requieren una mayor coherencia de esta banda para la realización de las tareas debido a un requerimiento mayor de recursos cognoscitivos, el cual es reflejado en la ejecución de la tarea Wisconsin en la que obtuvieron mayores puntajes de respuestas correctas aún cuando el desempeño general de éstas fue prácticamente similar al de las adolescentes control. La tercera interpretación sería que las adolescentes con TEPT presentan una mayor coherencia en la banda gamma debido que esta banda se ha relacionado también a una alerta incrementada, lo cual es, precisamente uno de los síntomas del TEPT.

Ventajas y desventajas de este estudio

Este trabajo presenta ventajas importantes con respecto a otros trabajos en los cuales no fue tan controlada la selección de las participantes; una de estas ventajas es que las adolescentes con TEPT y las adolescentes control estuvieron pareadas por edad, C. I., nivel socioeconómico, tipo de nutrición y nivel de escolaridad; asimismo otra ventaja es que todas las adolescentes con TEPT desarrollaron este trastorno por una misma causa: por abuso sexual crónico y no por algún otro tipo de evento traumático, lo cual nos brinda una mayor homogeneidad en este grupo. Otro aspecto importante es que a todas las participantes se les realizó el registro de actividad EEG en la misma etapa del ciclo menstrual (del 4° al 8° día después de su primer día de menstruación) lo cual también descarta una posible influencia de este aspecto en los resultados del registro.

Con respecto a las desventajas de este trabajo, una de las principales fue que la n fue muy pequeña debido a la dificultad para conseguir adolescentes con las características mencionadas ya que los criterios de inclusión para este tipo de estudios son bastante estrictos. Asimismo, otra de las limitaciones es la misma técnica utilizada, ya que aunque el registro de actividad EEG y los programas utilizados nos aportan información bastante confiable acerca de las diferencias o no entre grupos en cuanto al acoplamiento funcional de las áreas registradas, también es cierto que, debido principalmente a las características de nuestra población con TEPT, que es una población clínica, tenemos que inferir algunos aspectos, tales como la influencia de hormonas y neurotransmisores relacionados con el

estrés que pudieran estar influyendo en varios parámetros de desarrollo cerebral y, por lo tanto en la correlación de actividad EEG.

En base a los resultados obtenidos, concluimos que aún quedan muchas dudas que contestar. Por ejemplo, hubiera sido interesante evaluar otros tres grupos: un grupo de adolescentes con TEPT pero secundario a otras causas (accidentes, desastres, etc.), otro grupo de adolescentes que experimentaron abuso sexual crónico pero que no desarrollaron TEPT y otro grupo de adolescentes con abuso sexual o violación de tipo agudo, es decir, de una sola vez. Lo anterior nos permitiría investigar si existen o no diferencias en la ejecución de las pruebas TOH y WSCT y en la correlación de la actividad EEG tanto basal como durante la ejecución de las pruebas mencionadas ante la frecuencia del evento, la aparición o no de TEPT y si existen diferencias entre el TEPT por diferentes causas.

La gran prevalencia de abuso sexual y TEPT en nuestra población, así como los casi nulos estudios neurocientíficos en Latinoamérica, hacen patente la preponderante necesidad de realizar más investigaciones que utilicen diferentes técnicas y tareas para evaluar los aspectos neuropsicológicos y emocionales de este tipo de población. Los resultados de tales estudios nos podrían brindar más información acerca de los efectos de este tipo de eventos adversos, lo cual impactaría sin duda alguna no sólo en la investigación básica, sino también en la clínica (evaluación y tratamiento) e incluso en los aspectos legales, sociales y de educación en nuestro país.

CONCLUSIONES

La ejecución de TOH fue similar en ambos grupos, en tanto que en Wisconsin, el grupo con TEPT presentó un mayor número de respuestas correctas comparado con el grupo control, lo cual se puede considerar como un índice de mayor flexibilidad cognoscitiva. Es probable que las adolescentes con TEPT hayan presentado un mayor índice de maduración en la flexibilidad cognoscitiva, lo cual pudiera ser propiciado principalmente por las alteraciones a nivel de catecolaminas y corticosterooides que afectan directamente el desarrollo de determinadas áreas cerebrales, afectando y en algunos casos acelerando el proceso de maduración de ciertas funciones cerebrales induciendo, probablemente, una resiliencia para ciertos procesos cognoscitivos, como los involucrados en la ejecución de las tareas TOH y Wisconsin.

Los resultados de correlación electroencefalográfica sugieren que probablemente el grupo con TEPT presentó un patrón de desarrollo diferente de la norma de la sustancia blanca y la sustancia gris debido a las diferencias entre grupos encontradas: el grupo control presentó una mayor correlación intrahemisférica prefronto-parietal (distancias largas, lo cual se ha relacionado con la sustancia blanca) en tanto que el grupo con TEPT presentó una mayor correlación intrahemisférica entre áreas frontales (distancias cortas, lo cual se ha relacionado con la sustancia gris), pero también interhemisférica prefrontal (relacionado con la sustancia blanca). Dicha trayectoria diferente de maduración en el grupo con TEPT pudiera haber permitido la adecuada ejecución de las tareas de Hanoi y Wisconsin.

En la comparación entre condiciones, el grupo con TEPT presentó una mayor correlación durante la ejecución de las tareas con respecto a la condición basal tanto en bandas lentas como rápidas; mientras que el grupo control presentó una menor correlación durante la ejecución de las tareas con respecto a la condición basal. Por tanto, es probable que el grupo con TEPT haya requerido más recursos cerebrales para la adecuada ejecución de las tareas comparado con el grupo control.

El grupo con TEPT presentó una mayor correlación de gamma en casi todas las derivaciones durante la ejecución de las tareas comparada con la condición basal, esto también podría ser un índice de mayor grado de maduración cerebral en este grupo, ya que

se ha visto que la maduración en la sincronización de esta banda continúa durante la adolescencia.

REFERENCIAS

Ahonniska, J., Ahonen, T., Aro, T.; Tolvanen, A., & Lyytinen, H. (2000). Repeated assessment of the Tower of Hanoi test: reliability and age effects, realizado por: University of Jyväskylä. *Psychological Assessment*, 7(3), 297-310.

Alexander, G.E., De Long, M.R., & Strick, P.L. (1986) Parallel organization of functionally segregated circuits linking basal ganglia and cortex. *Annual Review of Neuroscience*, 9, 357-81.

Andersen, S.L., Tomada, A., Vincow, E.S., Valente, E., & Polca, A. (2008). Preliminary evidence for sensitive periods in the effect of childhood sexual. *The Journal of neuropsychiatry and clinical neurosciences*, 20(3), 292.

Anderson, V.; Anderson, P.; Northam, E., Jacobs, R. & Catroppa, C. (2001). Development of executive functions through late childhood and adolescence in an Australian sample. *Developmental Neuropsychology*, 20(1), 385-406.

Anderson, P. (2002). Assessment and Development of Executive Function (EF) During Childhood. *Child Neuropsychology*, 8(2), 71-82.

Anderson, C.M., Teicher, M.H., Polcari, A., & Renshaw, P.F. (2002). Abnormal T2 relaxation time in the cerebellar vermis of adults sexually abused in childhood: potential role of the vermis in stress-enhanced risk for drug abuse. *Psychoneuroendocrinology*; 27(1-2), 231-244.

Aoki, F., Fetz, E.E., Shupe, L., Lettich, E., & Ojemann, G.A. (1999). Increased gamma-range activity in human sensorimotor cortex during performance of visuomotor tasks. *Clinical Neurophysiology*, 110, 524-537.

Aquino, C.J., Aneiros, R.R., & Rojas, Z.L. (1999). El Electroencefalograma y la Onda P300 en Psiquiatría: Las Toxicomanías.

Ardila, A. & Surloff, C. (2004). Dysexecutive syndromes. Medlink Neurology. San Diego: Arbor Publishing Co.

Ardila, A., Rosselli, M., Matute E., & Guajardo, S. (2005). The Influence of the Parents' Educational Level on the Development of Executive Functions. *Developmental Neuropsychology*, 28(1), 539–560.

Arieli, A., Sterkin, A, Grinvald, A., & Aertsen, A. (1996). Dynamics of ongoing activity: explanation of the large variability in evoked cortical responses. *Science*, 273, 1868-1871.

Axelrod, B.N. & Henry, R.R. (1992). Age-related performance on the Wisconsin card sorting, similarities, and controlled oral word association tests. *Clinical Neuropsychology*, 6(1), 16–26.

Azcárate, M.M.A. (2007). Trastorno de estrés postraumático. Daño cerebral secundario a la violencia. Mobbing, violencia de género, acoso escolar. Ed. La Máscara. España. Pp. 164.

Baddeley, A.D., & Hitch, G. (1974). Working memory. In G.H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory*, 8, 47—89.

Baddeley, A., & Wilson, B. (1988). Frontal amnesia and the dysexecutive syndrome. *Brain and Cognition*, 7, 212–230.

Barba, R.J., Denia, D.T., Bartolomé, M.G., Ruiz, F.D., Mingote, A.J.C., & Fernández-Guinea (2007). Hippocampal and amygdala implication on neuropsychologic function in posttraumatic stress disorder. *MAPFRE MEDICINA*; 18 Supl. I: 92-101.

Barceló, F. (2001). Does the Wisconsin Card Sorting Test Measure Prefrontal Function? *The Spanish Journal of Psychology*, 4(1), 79-100.

Bareño, D.R. (2013, 17 de abril). Urge tipificar el maltrato infantil. *El Occidental*. Recuperado el 30 de julio del 2013 de <http://www.oem.com.mx/eloccidental/notas/n2952573.htm>.

Barry, R.J., Clarke, A.R., McCarthy, R., Selikowitz, M., Johnstone, S.J. & Rushby, J.A. (2004). Age and gender effects in EEG coherence: I. Developmental trends in normal children. *Clinical Neurophysiology* 115, 2252–2258.

Basar-Eroglu, C., Basar, E., Demiralp, T., & Schürmann, M. (1995). P300-response: possible psychophysiological correlates in delta and theta frequency channels: a review, *International Journal of Psychophysiology*, 13, 161–179.

Basar, E., Basar-Eroglu, C., Karakas, S., & Schürmann, M. (2000). Brain oscillations in perception and memory. *International Journal of Psychophysiology*, 124, 95–124.

Basar, E., Basar-Eroglu, C., Karakas, S., & Schurmann, M. (2001). Gamma, alpha, delta and theta oscillations govern cognitive processes. *International Journal of Psychophysiology*, 39, 241–248.

Beers, S.R., De Bellis, M.D. (2002). Neuropsychological Function in Children With Maltreatment-Related Posttraumatic Stress Disorder. *American Journal of Psychiatry*, 159, 483–486.

Begic, D., Hotujac, L., & Begic, N.J. (2001). Electroencephalographic comparison of veterans with combat-related post-traumatic stress disorder and healthy subjects. *International Journal of Psychophysiology*, 40(2), 167-172.

Begic, N.J. & Begic, D. (2003). Quantitative electroencephalogram (qEEG) in combat veterans with post-traumatic stress disorder (PTSD). *Nordic Journal of Psychiatric*, 57(5), 351-355.

Berry, B.D. (2000). The neurodevelopmental impact of violence in childhood. In D. Schetky and E. Benedek (Eds). *Textbook of Child and Adolescent Forensic Psychiatry*. Washington, D.C.: American Psychiatric Press.

Bloom, S.L. (2003). Understanding the Impact of Sexual Assault: The Nature of Traumatic Experience. (pp. 405-432). En *Sexual Assault: Victimization Across the Lifespan*. Edited by A. Giardino, E. Datner, & J. Asher. GW Medical Publishing, Maryland Heights, Missouri.

Blumer, D. & Benson, D.F. (1975). Personality changes with frontal and temporal lobe lesions. En D.F. Benson & D. Blumer (Eds.), *Psychiatric aspects of neurological disease*. Nueva York: Grune & Stratton.

Boone, K.B., Ponton, M.O., Gorsuch, R.L., Gonzalez, J.J., & Miller, B.L. (1998). Factor analysis of four measures of prefrontal lobe functioning. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 13, 585-95.

Bouyer, J.J., Montaron, M.F., & Rougeul, A. (1981). Fast fronto-parietal rhythms during combined focused attentive behaviour and immobility in cat: cortical and thalamic localizations. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 51, 244-252.

Bouyer, J.J., Montaron, M.F., Vahnee, J.M., Albert, M.P., & Rougeul, A. (1987). Anatomical localization of cortical beta rhythms in cat. *Neuroscience*, 22, 863-869.

Braitenberg, V. (1978). Cortical architectonics: general and areal. In: Brazier, M.A.B. and Petsche, H. (Eds.). *Architectonics of the Cerebral Cortex*. Raven Press, New York, 443-465.

Brass M., Ullsperger M.R. Knoesche T., von Cramon, Y., & A. Phillips, N. (2005). Who Comes First? The Role of the Prefrontal and Parietal Cortex in Cognitive Control. Max Planck Institute for Human Cognitive and Brain Sciences, Leipzig, Germany, Concordia University, Montreal, Canada. Massachusetts Institute of Technology. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17(9), 1367–1375.

Braver, T.S., Cohen, J.D., Nystrom, L.E., Jonides, J., Smith, E.E., & Noll, D.C. (1997). A parametric study of prefrontal cortex involvement in human working memory. *Neuroimage*, 5, 49-62.

Bremner, J.D., Davis, M., Southwick, S.M., Krystal, J.H., Charney, D.S: (1993). The neurobiology of posttraumatic stress disorder, in *American Psychiatric Press Review of Psychiatry*, vol 12. Edited by Oldham, J. M., Riba, M. B., & Tasman, A. Washington, DC, American Psychiatric Press, 182–204.

Bremner, J.D., Randall, P., Vermetten, E., Staib, L., Bronen, R.A, Mazure, C., et al. (1997). Magnetic resonance imaging-based measurement of hippocampal volume in posttraumatic stress disorder related to childhood physical and sexual abuse—a preliminary report. *Biological Psychiatry*, 41(1), 23–32.

Bremner, J.D., Randall P., Scott, T.M., Capelli, S., Delaney, R., McCarthy, G., Dennis S., & Charney, D.S. (1995). Deficits in short-term memory in adult survivors of childhood abuse. *Psychiatry Research*, 59(1–2), 97–107.

Bremner, J.D., Vythilingam, M., Vermetten, E., Southwick, S.M., McGlashan, T., Nazeer, A., et al (2003). MRI and PET Study of Deficits in Hippocampal Structure and Function in

Women With Childhood Sexual Abuse and Posttraumatic Stress Disorder. *American Journal of Psychiatry*, 160(5), 924-32.

Brocki, K.C. & Bohlin, G. (2004). Executive Functions in children aged 6-13: A dimensional and developmental study. *Developmental Neuropsychology*, 26, 571-593.

Brown, T.T., Lugar, H.M., Coalson, R.S., Miezin, F.M., Petersen, S.N., & Schlaggar, B.L. (2005). Developmental Changes in Human Cerebral Functional Organization for Word Generation. *Cerebral Cortex*, 15, 275-290.

Busch, R.M., McBride, A., Curtiss, G., & Vanderploeg, R.D. (2005). The components of executive functioning in traumatic brain injury. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 27, 1022-32.

Caballo, V.E. (1997). Manual para el tratamiento cognitivo-conductual de los trastornos psicológicos. Volumen 1: Trastornos de ansiedad, sexuales, afectivos y psicóticos. Ed. Siglo XXI de España.

Caldji, C., Francis, D., Sharma, S., Plotsky, P.M. & Meaney, M.J. (2000). The effects of early rearing environment on the development of GABA-A and central benzodiazepine receptor levels and novelty-induced fearfulness in the rat. *Neuropsychopharmacology*, 22(3), 219-29.

Caldji, C., Tannenbaum, B., Sharma, S., Francis, D., Plotsky, P.M. & Meaney, M.J. (1998). Maternal care during infancy regulates the development of neural systems mediating the expression of fearfulness in the rat. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 95(9), 5335-40.

Cardoso, J. & Parks, R. (1998). Neural network modeling of executive functioning with the Tower of Hanoi test in frontal lobe lesioned patients. In: Parks, R., Levine, D. & Long D.

Fundamentals of neural network modeling. *Neuropsychology and Cognitive Neuroscience*. USA.

Carlin, A.S., Kemper, K., Ward, N.G., Sowell, H., Gustafson, B., & Stevens, N. (1994). The effect of differences in objective and subjective definitions of childhood physical abuse on estimates of its incidence and relationship to psychopathology. *Child Abuse & Neglect*, *18*, 393-399.

Carlson, N.R. (2002). *Fisiología de la Conducta* (4ed. versión española). Barcelona: Ariel.

Carpenter, M.B., Nakano, K., & Kim, R. (1976). Nigrotalamic projections in the monkey demonstrated by autoradiographic technics. *The Journal of Comparative Neurology*, *236*, 315-30.

Carrillo-de-la-Peña M.T. & García-Larreab L. (2007). Right frontal event related EEG coherence (ERCoH) differentiates good from bad performers of the Wisconsin Card Sorting Test (WCST). *Clinical Neurophysiology*, *37*, 63-75.

Carrion V.G., Weems, C.F., Eliez, S., Patwardhan, A., Brown, W., Ray, R.D., & Reiss, A.L. (2001). Attenuation of frontal asymmetry in pediatric posttraumatic stress disorder. *Biological Psychiatry*, *50*, 943-951.

Cavedini, P., Cisima, M., Riboldi, G.D'Annucci, & Bellodi, L. (2001). A Neuropsychological Study of Dissociation in Cortical and Subcortical Functioning in Obsessive-Compulsive Disorder by Tower of Hanoi Task. *Brain and Cognition*, *46*, 357-363.

Cicchetti, D. & Toth, S.L. (2005). Child maltreatment. *Annual Review of Clinical Psychology*, *1*, 409-38.

Código penal para el estado libre y soberano de Jalisco (2012). Ed. Sista., México, D. F.

Código Civil para el Estado de Jalisco (1996). Decimocuarta Edición, Ed. Porrúa. México, D.F.

Coelho, R.L. & Oliveira, C.J. (2010). Bases neurobiológicas del estrés post-traumático. *Anales de psicología*, 26(1), 1-10.

Cortés, N. (2009, 25 de marzo). *Existen lagunas jurídicas sobre el maltrato infantil en Jalisco*. WRadio 690 AM. Recuperado el 30 de julio del 2013 de <http://www.wradio690.com/nota.aspx?id=784153>.

Crone, E.A., Wendelken, C. Donohue, S., Van, Lejjenhorst, L., & Bunge, S.A. (2006). Neurocognitive development of the ability to manipulate information in working memory. *PNAS*, 103(24), 9315–9320.

Chae J, Jeong J, Peterson B.S., Kim, D., Bahk, W., Jun, T., Kim, S., Kim K. (2004). Dimensional complexity of the EEG in patients stress disorder. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 131, 79–89.

Charney, D. S. (2004). Psychobiological mechanisms of resilience and vulnerability: implications for successful adaptation to extreme stress. *American Journal of Psychiatry*, 161, 195–216.

Chelune, G.J. & Baer, R.A. (1986). Developmental norms for the Wisconsin Card Sorting Test. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 8, 219-228.

Chow, T.W. & Cummings, J.L. (1999). Frontal-subcortical circuits. En B.L. Miller y J.L. Cummings (Eds.), *The human frontal lobes. Functions and disorders*. New York: The Guilford Press.

Christoff, K. & Gabrieli, J.D.E. (2000). The frontopolar cortex and human cognition: Evidence for a rostrocaudal hierarchical organization within the human prefrontal cortex. *Psychobiology*, 28, 168–186.

Christoff, K. & Owen, A.M. (2006). Improving reverse neuroimaging inference: cognitive domain versus cognitive complexity. *Trends in Cognitive Sciences*, 10, 59-63.

Damasio, A.R (1994). *Descartes' error: Emotion, reason and the human brain*. Nueva Cork: Avon Books.

Damasio A.R. (1998). *El error de Descartes*. Barcelona: Crítica.

De Bellis, M.D., Keshavan, M.S., Clark, D.B., Casey, B.J., Giedd, J.N., Boring, A.M., Frustaci, K. & Ryan, N.D. (1999). Developmental Traumatology Part II: Brain Development. *Society of Biological Psychiatry*, 45, 1271-1284.

De Bellis M.D. (2005). The psychobiology of neglect. *Child Maltreatment*, 10, 150-72.

De Bellis, M.D. and Thomas, L.A. (2003). Biologic Findings of Post-traumatic Stress Disorder and Child Maltreatment. *Current Psychiatry Reports*, 5(2), 108-117.

De Kloet, E.R., Joels, M., & Holsboer, F. (2005). Stress and the brain: from adaptation to disease. *Nature Reviews Neuroscience*, 6, 463–475.

De Luca, C., Word, S., Anderson, V., Buchanan, J., Proffitt, T., Mahony, K., & Pantelis, CH. (2003). Normative data from the cantab. I: Development of executive function over the lifespan. *Journal of clinical and Experimental Neuropsychology*, 5(2), 242-254.

Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (4th ed.). American Psychiatric Association. Washington, DC: American Psychiatric Press, 1994.

Diamond, A. & Goldman-Rakic, P. (1985). Evidence for involvement of prefrontal cortex in cognitive changes during the first year of life: Comparison of human infants and rhesus monkeys on a detour task with transparent barrier. *Neurosciences Abstracts*, 11, 832.

Diwadkar, V.A., Carpenter, P.A. & Just, M.A. (1999). Collaborative Activity between Parietal and Dorso-Lateral Prefrontal Cortex in Dynamic Spatial Working Memory Revealed by fMRI. *Center for Cognitive Brain Imaging, Department of Psychology, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, Pennsylvania.*

Driessen, M., Herrmann, J., Stahl, K., Zwaan, M., Meier, S., Hill, A., Osterheider, M. & Petersen, D. (2000). Magnetic resonance imaging volumes of the hippocampus and the amygdala in women with borderline personality disorder and early traumatization. *Archives of General Psychiatry*, 57(12), 1115–22.

Duncan, J. (1986). Disorganization of behavior after frontal lobe damage. *Cognitive Neuropsychology*, 2, 271-290.

Duncan, J. & Miller, E.K. (2002). Cognitive focus through adaptive neural coding in the primate prefrontal cortex (pp. 278-91). In Stuss D.T., Knight R.T. *Principles of frontal lobe function*. New York: Oxford University Press.

Dyregrow, A., & Yule, W. (2006). A Review of PTSD in Children. *Child and Adolescent Mental Health*, 11, 176-184.

Edwards, V.J., Holden, G.W., Felitti, V.J., Anda & R.F. (2003). Relationship between multiple forms of childhood maltreatment and adult mental health in community

respondents: results from the adverse childhood experiences study. *The American Journal of Psychiatry*, *160*, 1453–60.

Ehlers, A. & Clark, D. (2000). A cognitive model of posttraumatic stress disorder. *Behaviour Research and Therapy*, *38*, 319-345.

Engel, A.K., KoÈnig, P., Kreiter, A.K., Schillen, T.B., & Singer, W. (1992). Temporal coding in the visual cortex: new vistas on integration in the nervous system. *Trends in Neurosciences*, *15*, 218-226.

Espy, K. (1997). The shape school: Assessing executive function in preschool children. *Developmental Neuropsychology*, *13*, 495–499.

Eulitz, C., Maess, B., Pantev, C., Friederici, A.D., Feige, B., & Elbert, T. (1996). Oscillatory neuromagnetic activity induced by language and non-language stimuli. *Cognitive Brain Research*, *4*, 121–32.

Farmer, S.F., Gibbs, J., & Stephens, J.A. (2007). Changes in EMG coherence between long and short thumb abductor muscles during human development. *The Journal of Physiology*, *579*, 389–402.

Félix, V. (2007). Funciones ejecutivas: Estimación De La Flexibilidad Cognitiva En Población Normal Y Un Grupo Psicopatológico. *BuenasTareas.com*. Recuperado 01, 2013, de <http://www.buenastareas.com/ensayos/Funciones-Ejecutivas-Estimaci%C3%B3n-De-La-Flexibilidad/7069826.html>.

Fell, J., Klaver, P., Lehnertz, K., Grunwald, T., Schaller, C., Elger, C., et al. (2001). Human memory formation is accompanied by rhinal–hippocampal coupling and decoupling. *Nature Neuroscience*, *4*, 1259–64.

Ferguson, S.A. & Holson, R.R. (1999). Neonatal dexamethasone on day 7 in rats causes mild hyperactivity and cerebellar stunting. *Neurotoxicology and Teratology*, 21, 71–6.

Fincham, J., Carter, C., Vincent, V., Adrew, S., & Anderson, J. (2002). Neural mechanisms of planning: A computational analysis using event-related fMRI. *PNAS*, 99, 15.

Fuster, J.M. (1997). The prefrontal cortex. Anatomy, physiology, and neuropsychology of the frontal lobe. Ed. Lippincott-Raven. U.S.A.

Fuster, J.M. (1999). Synopsis of function and dysfunction of the frontal lobe". *ACTA Psychiatrica Scandinavica*, 99, 51-57.

Fuster, J.M. (2001). The prefrontal cortex – an update: time is of the essence. *Neuron*, 30, 319-333, Cambridge.

Fuster, J.M. (2002). Frontal lobe and cognitive development. *Journal of Neurocytology*, 31, 373-385.

Garey, L. (1999). Brodmann's: Localization in the cerebral cortex. Londres. Imperial College Press.

Ge, Y., Grossman, R.I., Babb, J.S., Rabin, M.L., Mannon, L.J., & Kolson, D.L. (2002). Age-related total gray matter and white matter changes in normal adult brain. Part I. Volumetric MR imaging analysis. *American Journal of Neuroradiology*, 23, 1327-1333.

Gevins, A., Smith, M.E., McEvoy, L., & Yu, D. (1997). High-resolution EEG mapping of cortical activation related to working memory: effects of task difficulty, type of processing, and practice. *Cerebral Cortex*, 7, 374–385.

Giguere, M. & Goldman-Rakic, P.S. (1988). Mediodorsal nucleus: areal, laminar, and tangential distribution of afferents and efferents in the frontal lobe of rhesus monkeys. *The Journal of Comparative Neurology*, 277, 195-213.

Goel, V. & Grafman, J. (1995). Are the Frontal Lobes Implicated in "Planning" Functions? Interpreting Data From The Tower of Hanoi. *Neuropsychologia*, 33(5), 623-642.

Goldberg, E. (2002). El cerebro ejecutivo. Lóbulos frontales y mente civilizada. Ed. Drakontos. Madrid, España. Traducción de The executive Brain, publicado en inglés en el 2001 por Oxford University Press.

Goldberg, T.E., Saint-Cyr, J.A., & Weinberger, D.R. (1990). Assessment of procedural learning and problem solving in schizophrenic patients by Tower of Hanoi type task. *Journal of Neuropsychiatry*, 2, 165-173.

Goldberg, M.C., Mostofsky, S.H., Cutting, L.E., Mahone, E.M., Astor, B.C., Denckla, M.B., & Landa, R.J. (2005). Subtle Executive Impairment in Children with Autism and Children with ADHD. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 35, 3.

Goldman-Rakic, P.S. (1987). Circuitry of primate prefrontal cortex and regulation of behavior by representational memory (pp 373–417). In: Handbook of Physiology, Sect 1: The Nervous System, Vol V: Higher Functions of the Brain, Chp 9 (Plum F, ed),. Bethesda, MD: American Physiological Society.

Goldman-Rakic, P.S. (1988). Topography of cognition: parallel distributed networks in primate association cortex. *Annual Review of Neuroscience*, 11, 137-56.

Goldman-Rakic, P.S. (1998). The prefrontal landscape: implications of functional architecture for understanding human mentation and the central executive (pp. 87-102). En

Roberts A.C., Robbins T.W., Weiskrantz L., eds. The prefrontal cortex: executive and cognitive functions. Oxford: Oxford University Press.

Goldman, P.S., & Nauta, W.J.H. (1976). Autoradiographic demonstration of a projection from prefrontal association cortex to the superior colliculus in the rhesus monkey. *Brain Research, 116*, 145-149.

Gould, E. & Tanapat, P. (1999). Stress and hippocampal neurogenesis. *Biological Psychiatry, 46(11)*, 1472-9.

Gracia, E. (1997). El maltrato infantil en el contexto de la conducta parental: percepciones de padres e hijos. *Psicothema, 14(2)*, 274-279.

Grafman, J. (1989). Plans, actions, and mental sets: Managerial knowledge units in the frontal lobes. En E. Perelman (Ed.) *Integrating Theory and Practice in Clinical Neuropsychology*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, pp. 93-138.

Grant, D.A. & Berg, E.A. (1948). A behavioural analysis of degree of reinforcement and ease of shifting to new responses in a Weigl-type card sorting problem. *Journal of Experimental Psychology, 38*, 404-411.

Gross, J., Schmitz, F., Schnitzler, I., Kessler, K., Shapiro, K., Hommel, B., Schnitzler, A. (2004). Modulation of long-range neural synchrony reflects temporal limitations of visual attention in humans. *Proceeding of the National Academy of Sciences, U. S. A.*, 101, 13050-13055.

Gruber, T., Müller, M.M., & Keil, A. (2002). Modulation of induced gamma band responses in a perceptual learning task in the human EEG. *Journal of Cognitive Neuroscience, 14*, 732-44.

Guevara, M.A. & Hernández-González, M. (2006). Registro y análisis automatizado de señales bioeléctricas cerebrales durante la ejecución sexual. Universidad de Guadalajara. México.

Guevara, M.A., Rizo, M.L., Robles, A.F. & Hernández-González, M. (2012). Prefrontal-parietal correlation during performance of the towers of Hanoi task in male children, adolescents and young adults. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 2(1), 129–138.

Haber, S.N., Lynd, B.E., & Mitchells, S.J. (1993). The organization of the descending ventral pallidal projections in the monkey. *The Journal of Comparative Neurology*, 329, 111-128.

Haber, S.N., Wolfe, D.P., & Groenewegen, H.J. (1990). The relationship between ventral striatal efferent fibers and the distribution of peptide-positive woolly fibers in the forebrain of the rhesus monkey. *Neuroscience*, 39, 323-338.

Handley, S., Capon, A., Capon, C., & Harper, C. (2002). Conditional reasoning and the Tower of Hanoi: The role of spatial and verbal working memory. *British Journal of Psychology*, 93, 501-518.

Harmony, T., Fernández, T., Silva, J., Bosch, J., Valdés, P., Fernández-Bouzas, A., Galán, L., Aubert, E., & Rodríguez, D. (1999). Do specific EEG frequencies indicate different processes during mental calculation? *Neuroscience Letters*, 266, 25–28.

Hashimoto, T., Nguyen, Q.L., Rotaru, D., Keenan, T., Arion, D., Beneyto, M., et al. (2009). Protracted developmental trajectories of GABA (A) receptor alpha1 and alpha2 Subunit expression in primate prefrontal cortex. *Biological Psychiatry*, 65, 1015–1023.,

Heindel, W.C., Salmon, D.P., & Shults, C.W. (1989). Neuropsychological evidence for multiple implicit memory systems: A comparison of Alzheimer's, Huntington's and Parkinson's disease patients. *Journal of Neuroscience*, 9, 582-587.

Higgins, D.J. (2004). "The importance of degree versus of type of maltreatment: a cluster analysis of child abuse types". *The Journal of Psychology*, 138, 303-324.

Horno, G.P. & Ana Santos, N.A. (2001). Abuso Sexual Infantil. *Save the Children*, Madrid.

Huettel, S.A., Song, A.W. & McCarth, G. (2005). Decisions under Uncertainty: Probabilistic Context Influences Activation of Prefrontal and Parietal Cortices. Brain Imaging and Analysis Center, Duke University, Durham, North Carolina, & Department of Veterans Affairs Medical Center, Durham, North, Carolina. *The Journal of Neuroscience*, 25(13), 3304–3311.

Huttenlocher, P.R., De Courten, C., Garey L.J., & Van der Loos, H. (1982). Synaptogenesis in human visual cortex--evidence for synapse elimination during normal development. *Neuroscience Letters*, 33(3), 247-52.

Hyvärinen, J. (1982). The parietal cortex of monkey and man. Ed. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York. Germany.

Ilinsky, I.A., Jouandet, M.L., & Goldman Rakic, P.S. (1985). Organization of the nigrothalamocortical system in the rhesus monkey. *The Journal of Comparative Neurology*, 165, 401-16.

Ito, Y., Teicher, M.H., Glod, C.A. & Ackerman, E. (1998). Preliminary evidence for aberrant cortical development in abused children: A Quantitative EEG Study. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 10(3), 298.

Izquierdo, A., Wellman, C.L., Holmes, A. (2006). Brief uncontrollable stress causes dendritic retraction in infralimbic cortex and resistance to fear extinction in mice. *The Journal of Neuroscience*, *26*, 5733–5738.

Jacobson, S., Butters, N., & Tovsky, N.J. (1978). Afferent and efferent subcortical projections of behaviorally defined sectors of prefrontal granular cortex. *Brain Research*, *159*, 279-96.

Jae-Jin Kim, Jun Soo Kwon, Hae Jeong Park, Tak Youn, Do Hyung Kang, Myung Sun Kim, Dong Soo Lee & Myung Chul Lee (2003). Functional Disconnection Between the Prefrontal and Parietal Cortices During Working Memory Processing in Schizophrenia. *The American Journal of Psychiatry*, *160*, 919–923.

John, E.R., Ahn, H., Pricep, L., Trepetin, M., Brown, D., & Kaye, H. (1980). Developmental equations for the electroencephalogram. *Science*, *210*, 1255–8.

Jones, G.H., Hernandez, T.D., Kendall, D.A., Marsden, C.A. & Robbins, T.W. (1992). Dopaminergic and serotonergic function following isolation rearing in rats: study of behavioural responses and postmortem and in vivo neurochemistry. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, *43(1)*, 17–35.

Jouandet, M., & Gazzaniga, M.S. (1979). The frontal lobes (pp. 25-59). In M.S. Gazzaniga (Ed.), *Handbook of behavioral neurology: Vol. 2. Neuropsychology*, New York: Plenum.

Jurado, M.B. & Rosselli, M. (2007). The Elusive Nature of Executive Functions: A Review of our Current Understanding. *Neuropsychology Review*, *17*, 213–233.

Kanagaratnam, P. & Asbjørnsen, A.E. (2007). Executive deficits in chronic PTSD related to political violence. *Journal of Anxiety Disorders*, *21*, 510–525.

Kessler, R.C., Sonnega, A., Bromet, E., Hughes, M., & Nelson, C. B. (1995). Posttraumatic stress disorder in the National Comorbidity Survey. *Archives of General Psychiatry*, *52*, 1048-1060.

Kilpatrick, D.G., Saunders, B.E., Veronen, L.J., Best, C.L. & Von, J.M. (1987). Criminal victimization: Lifetime prevalence, reporting to police, and psychological impact. *Crime and Delinquency*, *33*(4), 479–489.

Kilts, C., Astin, M., Gross, R., Ely, T., & Rothbaum, B. (2005). The neural correlates of sexual assault-related PTSD and response to psychotherapy. Department of Psychiatry and Behavioral Sciences And Emory Center for Positron Emission Tomography. Society of Biological Psychiatry.

Klimesch, W. (1999). EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain Research Reviews*, *29*, 169–195.

Koechlin, E., Basso, G., Peitri, P., Panzer, S., & Grafman, J. (1999) The role of the anterior prefrontal cortex in human cognition. *Nature*, *399*, 148-151.

Koechlin, E. & Summerfield, C. (2007). An information theoretical approach to prefrontal executive function. *Trends in Cognitive Sciences*, *11*, 229-35.

Korkman, M., Kemp, S.L., & Kirk, U. (2001). Effects of age on neurocognitive measures of children ages 5 to 12: A cross-sectional study on 800 children from the United States. *Developmental Neuropsychology*, *20*(1), 331–354.

Koso, M. & Hansen, S. (2006). Executive function and memory in posttraumatic stress disorder: a study of Bosnian war veterans. *European Psychiatry*, *21*, 167–173.

Krikorian, R., Bartok, J., & Gay, N. (1994). Tower of London procedure: A standard method and developmental data. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *16*(6), 840-850.

Kulka R.A., Schlenger W.E., Fairbank J.A., Hough R.L., et al (1990). Trauma and the Vietnam War Generation: Report of findings from the National Vietnam Veterans Readjustment Study. New York: Brunner/Mazel.

Kuo, J.S. & Carpenter, M.B. (1973). Organization of pallidothalamic projections in the rhesus monkey. *The Journal of Comparative Neurology*, *151*, 201-36.

Kwon, H., Reiss, A.L., & Menton, V. (2002). Neural Basis of protracted developmental changes in visuo-spatial working memory. En Proceedings of the National Academy of Sciences of the Unites States of America, *99*, 13336-13341.

LaRose, L. & Wolfe, D.A. (1987). Psychological characteristics of parents who abuse or neglect their children. En B.B. Lahey y A.E. Kazdin (Eds.), *Advances in clinical child psychology* (vol. 10). New York: Plenum.

Lauder, J.M. (1983). Hormonal and humoral influences on brain development. *Psychoneuroendocrinology*, *8*(2), 121–55.

Lawson, A., Ahima, R.S., Krozowski, Z. & Harlan, R.E. (1992). Postnatal development of corticosteroid receptor immunoreactivity in the rat cerebellum and brain stem. *Neuroendocrinology*, *55*, 695–707.

Lee, V. & Hoaken, P.N. (2007). Cognition, emotion, and neurobiological development: mediating the relation between maltreatment and aggression. *Child Maltreatment*, *12*, 281-98.

León Carrión, J. & Barroso-Martín, J. (2001). La Torre de Hanoi/Sevilla: una prueba para evaluar las funciones ejecutivas, la capacidad para resolver problemas y los recursos cognitivos. *Revista Española de Neuropsicología*, 3(4), 63-72.

Leon-Carrion, J., García-Orza, J, & Pérez-Santamaria, F.J. (2004). The development of the inhibitory component of the executive functions in children and adolescents. *International Journal of Neuroscience*, 114, 1291–311.

Levin, H., Culhane, K., Hartmann, J., Evankovich, K., Mattson, A., & Harwood, H. (1991). Developmental changes in performance on tests of purported frontal lobe functions. *Developmental Neuropsychology*, 7, 377–396.

Lezak, M. (1982). The problems of assessing executive functions. *International Journal of Psychology*, 17, 281-297.

Lisman, J.E., & Idiart, M.A.P. (1995). Storage of 7 ± 2 short-term memories in oscillatory subcycles. *Science*, 267, 1512–5.

López-Soler, C. (2008). Las reacciones postraumáticas en infancia y adolescencia maltratada: el trauma complejo. *Revista Psicopatología y Psicología Clínica*, 13(3), 153-17.

Luciana, M. & Nelson, C.A. (2002). Assessment of neuropsychological function in children through the Cambridge Neuropsychological Testing Automated Battery (CANTAB): Normative performance in 4 to 12 year-olds. *Developmental Neuropsychology*, 22(3), 595-624.

Luna, B.B., Garver, K.E., Urban, T.A., Lazar, N.A., & Sweeney, J.A. (2004). Maturation of Cognitive Processes From Late Childhood to Adulthood. *Child Development*, 75, 1357 – 1372.

Lupien, S.J., McEwen, B.S., Gunnar, M.R., Heim, C: (2009). Effects of stress throughout the lifespan on the brain, behaviour and cognition. *Nature reviews*, 10(6), 434-445.

Luria, A.R. (1966). Higher cortical functions in man. Ed. English translation by Haigh B. of 1st Russian edition (Moscow University Press, Moscow). New York: Basic Books and Plenum Press.

Luria, A.R., Karpov, B.A., & Yarus, A L. (1966). Disturbances of active visual perception with lesions of the frontal lobes. *Cortex*, 2, 202-212.

McCaffrey, R.J., Lorig, T.S., Pendrey, D.L., McCutcheon, N.B.L., & Garrett, J.C. (1993). Odor-Induced EEG Changes in PTSD Vietnam Veterans. *Journal of Traumatic Stress*, 6(2), 213-224.

Marosi E., Harmony T., Sánchez L., Becker J., Bernal J., Reyes A., Díaz de León A.E., Rodríguez M. & Fernández T. (1992). Maturation of the coherence of eeg activity in normal and learning-disabled children. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 83, 350-357.

Matthews, K., Dalley, J.W., Matthews, C., Tsai, T.H. & Robbins, T.W. (2001). Periodic maternal separation of neonatal rats produces region- and gender-specific effects on biogenic amine content in postmortem adult brain. *Synapse*, 40(1), 1–10.

Matute-Villaseñor, E., Roselli, M., Ardila, A., & Ostrosky-Solís, F. (2007). Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI). Ed. Manual Moderno, México.

McCrory, E., De Brito, S.A., & Viding, E.(2010). Researchreview: the neurobiologyandgeneticsof maltreatmentandadversity. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 51, 1079–1095.

McEwen, B.S. (2003). Mood disorders and allostatic load. *Biological Psychiatry*, 54, 200–207.

Meador, K.J., Watson, R.T., Bowens, D., & Heilman, K.H. (1986). Hipermetria with hemispacial and limb motor neglect. *Brain*, 109, 293-305.

Medina-Mora, I.; Borges-Guimaraes, G.; Lara, C., Ramos-Lira, L., Zambrano, J., & Fleiz-Bautista, C. (2005). Prevalencia de sucesos violentos y de trastorno por estrés postraumático en la población mexicana. *Salud pública de México*, 47(1), 8-22.

Menon, V., Rivera, S.M., White, C.D., Glover, G.H. & Reiss, A.L. (1999). Dissociating Prefrontal and Parietal Cortex Activation during Arithmetic Processing. *Department of Psychiatry & Behavioral Sciences and Department of Radiology*, Stanford University School of Medicine, Stanford, California.

Mesa-Gresa, P. & Moya-Albiol, L. (2011). Neurobiología del maltrato infantil: el "ciclo de la violencia". *Revista de Neurología*, 52(8), 489-503.

Metcalfé, J. & Mischel, W. (1999). A hot/cool-system analysis of delay of gratification: dynamics of willpower. *Psychological Review*, 106(1), 3-19.

Metzger, L.J., Paige, S.R., Carson, M.A., Lasko, N.B., Paulus, L.A., Pitman, R.K., & Orr, S.P. (2004). PTSD Arousal and Depression Symptoms Associated With Increased Right-Sided Parietal EEG Asymmetry. *Journal of Abnormal Psychology, 113*(2), 324–329.

Milner, B. (1964). Some effects of frontal lobectomy in man (pp. 313-334). En J. M. Warren y K. Akert (Eds.). *The frontal granular cortex and behavior*. McGraw Hill. Nueva York.

Miltner, W. H., Braun, C., Arnold, M., Witte, H., & Taub, E. (1999). Coherence of gamma-band EEG activity as a basis for associative learning. *Nature, 397*, 434–436.

Mitchell, R.L. & Phillips, L.H. (2007). The psychological, neurochemical and functional neuroanatomical mediators of the effects of positive and negative mood on executive functions. *Neuropsychologia, 45*, 617-629.

Miyake, A., Friedman, N., Emerson, M., Witzki, A., Howerter, & Wager, T. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and their Contributions to Complex “Frontal Lobe” Task: A latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology, 41*, 49-100.

Miyake, A, Friedman, N.P., Rettinger, D.A., Shah, P., & Hegarty, M. (2001). How are visuospatial working memory, executive functioning, and spatial abilities related? A latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General, 130*, 621-40.

Miskovic, V., Schmidt, L.A., Georgiades, K., Boyle, M., & MacMillan, H.L. (2009). Stability of resting frontal electroencephalogram (EEG) asymmetry and cardiac vagal tone in adolescent females exposed to child maltreatment. *Developmental Psychobiology, 51*, 474–487.

Miskovic, V., Schmidt, L.A., Georgiades, K., Boyle, M. & Macmillan, H.L. (2010). Adolescent females exposed to child maltreatment exhibit atypical EEG coherence and psychiatric impairment: Linking early adversity, the brain, and psychopathology. *Development and Psychopathology*, 22, 419-432.

Mizuhara, H., Wang, L.Q., Kobayashi, K. & Yamaguchi, Y. (2005). Longrange EEG phase synchronization during an arithmetic task indexes a coherent cortical network simultaneously measured by fMRI. *Neuroimag*, 27, 553–563.

Mizuhara, H., Yamaguchi, Y., 2007. Human cortical circuits for central executive function emerge by theta phase synchronization. *Neuroimage*, 36, 232–244.

Mizuki, Y., Tanaka, M., & Isozaki, K. (1980). Periodic appearance of theta rhythm in the frontal midline area during performance of mental task. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 49, 345–351.

Montt, M.E. & Hermosilla W. (2001). Trastorno de estrés post-traumático en niños. *Revista Chilena de Neuro-Psiquiatría*, 39(2), 110-120.

Moradi, A.R., Doost, H.I., Taghavi, M.R., Yule, W., Dalgleish, T. (1999). Everyday memory deficits in children and adolescents with PTSD: performance on the Rivermead Behavioural Memory Test. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 40(3), 357-61.

Mullen, P.E., Martin, J.L., Anderson, J.C., Romans, S.E. & Herbison, G.P. (1996). The long-term impact of the physical, amotional and sexual abuse of children: a community study. *Child Abuse & Neglect*, 20(1), 7-21.

Munk, M.H., Roelfsema, P.R., KoÈnig, P., Engel, A., & Singer, W. (1996). Role of reticular activation in the modulation of intracortical synchronization. *Science*, 272, 271-274.

Murthy, V.N., & Fetz, E.E. (1996). Oscillatory activity in the sensorimotor cortex of awake monkeys: synchronization of local field potentials and relation to behavior. *Journal of Neurophysiology*, 76, 3949-3967.

Noll, J.G., Shenk, C.E., Yeh, M.T., Ji, J., Putnam, F.W. & Trickett, P.K. (2010). Receptive Language and Educational Attainment for Sexually Abused Females. *Pediatrics*, 126(3), 615-622.

Norman, D.A. & Shallice, T. (1986). Attention to action. Willed and automatic control of behaviour. En Davidson, R.J., Schwartz, G. & Shapiro D. (Eds.), *Consciousness and self-regulation*, Vol. 4. New York: Plenum Press.

OMS (1977). Necesidades de salud de los adolescentes. Informe de un Comité de Expertos de la OMS. Ginebra, Organización Mundial de la Salud. (Serie de Informes Técnicos, No 609).

OMS (2010). Maltrato infantil. Ginebra, Suiza, Organización Mundial de la Salud (Nota descriptiva N.º 150). Recuperado el 30 de julio del 2013 de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs150/es/>.

Organización Mundial de la Salud. (1992). CIE-10. Trastornos mentales y del comportamiento. Descripciones clínicas y pautas para el diagnóstico. Madrid: Meditor.

Pandya, D.N. & Yeterian, E.H. (1998). Comparison of prefrontal architecture and connections (pp. 51–66). En *The Prefrontal Cortex: Executive and Cognitive Functions*. Edited by Roberts, A.C., Robbins, T.W., Weiskrantz, L. New York, Oxford University Press.

Patel, P.D., Lopez, J.F., Lyons, D.M., Burke, S., Wallace, M. & Schatzberg, A.F. (2000). Glucocorticoid and mineralocorticoid receptor mRNA expression in squirrel monkey brain. *Journal of Psychiatric Research*, 34(6), 383–92.

Petrides, M. (1994). Frontal lobes and working memory: evidence from investigations of the effects of cortical excisions in non-human primates. In: Boller F, Grafman J, (Eds.). *Handbook of neuropsychology*, Vol. 9. Amsterdam: Elsevier, Pp. 59–82.

Petrides, M. (1995). Impairments on non-spatial self-ordered and externally ordered working memory tasks after lesions to the mid-dorsal part of the lateral frontal cortex in the monkey. *The Journal Neuroscience*, 15, 359–75.

Petrides, M. & Milner, B. (1982). Deficits on subject-ordered tasks after frontal- and temporal-lobe lesions in man. *Neuropsychologia*, 20, 249-62.

Pineda, D.A., Merchan, V., Rosselli, M., & Ardila, A. (2000). Estructura factorial de la función ejecutiva en estudiantes universitarios jóvenes. *Revista de Neurología*, 31, 1112-8.

Portellano, J.A. (2005). *Introducción a la neuropsicología*. Ed. Mcgrawhill. Madrid, España.

Pulvermüller, F., Eulitz, C., Pantev, C., Mohr, B., Feige, B., Lutzenberger, W., et al. (1996). High-frequency cortical responses reflect lexical processing: an MEG study. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 98, 76–85.

Quintana, J. & Fuster, J.M. (1999). From perception to action: Temporal integrative functions of prefrontal and parietal neurons. *Cerebral Cortex*, 9, 213-221.

Rains, G.D. (2003). *Principios de Neuropsicología Humana*. McGraw Hill.

Rapoport, J.L., Giedd, J.N., Blumenthal, J., Hamburger, S., Jeffries, N., Fernandez, T., Nicolson, R., Bedwell, J., Lenane, M., Zijdenbos, A., Paus, T., & Evans, A. (1999). Progressive cortical change during adolescence in childhood-onset schizophrenia. A longitudinal magnetic resonance imaging study. *Archives of General Psychiatry*, *56*(7), 649-654.

Ray, S., Niebur, E., Hsiao, S.S., Sinai, A., & Crone, N.E. (2008). High-frequency gamma activity (80–150 Hz) is increased in human cortex during selective attention. *Clinical Neurophysiology*, *119*, 116–33.

Rauch, S.L.; Van der Kolk, B.A.; Fislser, R.E., Alpert, N.M., Orr, S.P., Savage, C. R., et al. (1996). A Symptom Provocation Study of Posttraumatic Stress Disorder Using Positron Emission Tomography and Script-driven Imagery. *Archives of General Psychiatry*, *53*(5), 380-7.

Reyes Ticas, J.A. (2008). Neurobiología del Trastorno de Estrés Postraumático. *Revista de las Facultad de Ciencias Médicas*, 53-60.

Ríos, M., Periañez, J.A., & Muñoz-Céspedes, J.M. (2004). Attentional control and slowness of information processing after severe traumatic brain injury. *Brain Injury*, *18*, 257-72.

Rogosch, F.A, Cicchetti, D., Shields, A. & Toth, S.L. (1995). Parenting dysfunction in child maltreatment. En M.H. Bornstein (Ed.), *Handbook of parenting*. Mahwah: Laurence Erlbaum.

Rolls, E.T. (1995). A theory of emotion and consciousness and its application to understanding the neural basis of emotion, en M. S. Gazzaniga (Eds.). *The cognitive neurosciences*. Cambridge, MA: MIT Press.

Rose, J.E. & Woolsey, C.N. (1948). The orbitofrontal cortex and its connections with the mediodorsal nucleus in rabbit, sheep and cat. *Research Publications – Association for Research in Nervous and Mental Disease*, 27, 210–232.

Rothbaum, B.O., Foa, E.B., Riggs, D.S., Murdock, T.B., & Walsh, W. (1992). A prospective examination of posttraumatic stress disorder in rape victims. *Journal of Traumatic Stress*, 5, 455-475.

Royall, P., Lauterbach, E.C., Cummings, J.L., Reeve, A., Rummans, T.A., & Kaufer, D.I. (2002). Executive control function: A review of its promise and challenges for clinical research. *Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neuroscience*, 14, 377–405.

Rugg, M.D. & Dickens, A.M. (1982). Dissociation of alpha and theta activity as a function of verbal and visuo-spatial tasks. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 53, 201–207.

Sapolsky, R.M., McEwen, B.S. & Rainbow, T.C. (1983). Quantitative autoradiography of [3H]corticosterone receptors in rat brain. *Brain Research*, 271(2), 331–4.

Sapolsky, R.M., Uno, H., Rebert, C.S. & Finch, C.E. (1990). Hippocampal damage associated with prolonged glucocorticoid exposure in primates. *The Journal of Neuroscience*, 10, 2897–902.

Sapolsky, R.M., Krey, L.C. & McEwen, B.S. (2002). The Neuroendocrinology of Stress and Aging: The Glucocorticoid Cascade Hypothesis. *Science of Aging Knowledge Environment*, 38, 21.

Scahill, R.I., Frost, C., Jenkins, R., Whitwell, J.L., Rossor, M.N., & Fox, N.C. (2003). A longitudinal study of brain volume changes in normal aging using serial registered magnetic resonance imaging. *Archives of Neurology*, 60(7), 989-994.

Schapiro, S. (1971). Hormonal and environmental influences on rat brain and behavior. In: Serman M.B., McGinty D.J., editors. Brain development and behavior. New York: Academic Press, pp. 307-34.

Schuepbach, D., Merlo, M.C.G., Goenner, F., Staikov, I., Mattle, H.P. Dierks, T., & Brenner, H.D. (2002) Cerebral hemodynamic response induced by the Tower of Hanoi puzzle and the Wisconsin Card Sorting test. *Neuropsychologia*, 40, 39-53.

Selemon, L D. & Goldman Rakic, P.S. (1985). Longitudinal topography and interdigitation of cortico-striatal projections in the rhesus monkey. *Journal of Neuroscience*, 5, 776-94.

Schank, R. (1982). Dynamic memory: A theory of reminding and learning in computers and people. Cambridge, England: Cambridge University Press.

Shallice, T. (1982). Specific impairments of planning. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, B*, 298, 199-209.

Shallice, T. (1988). From Neuropsychology to mental structure. New York: Cambridge Univ. Press.

Shaw, J.C. (1996). Intention as component of the alpha-rhythm response to mental activity. *International Journal of Psychophysiology*, 24, 7-23.

Sheer, D.E. (1984). Focused arousal, 40 Hz EEG and dysfunction. In: Elbert, T., Rockstroh, B., Lutzenberger, W., Birbaumer, N., (Eds). Self-regulation of the brain and behavior, Berlin: Springer Verlag, pp. 66-84.

Shin, L.M., Orr, S.P., Carson, M.A., Rauch, S.L., Macklin, M.L., Lasko, N B., et al., (2004). Regional Cerebral Blood Flow in the Amygdala and Medial Prefrontal Cortex During Traumatic Imagery in Male and Female Vietnam Veterans With PTSD. *Archives of General Psychiatry*, 61, 168-176.

Simon, H.T. (1975). The functional equivalence of problem solving skills. *Cognitive Psychology*, 7, 268-288.

Singer, W. (1994). Putative functions of temporal correlations in neocortical processing. In: Koch, C., Davis, J., (Eds). *Large-scale neuronal theories of the brain*, Cambridge, MA: MIT Press, pp. 201-238.

Sohal, V.S., Zhang, F., Yizhar, O., & Deisseroth, K. (2009). Parvalbumin neurons and gamma rhythms enhance cortical circuit performance. *Nature*, 459(7247), 698–702.

Soprano, A.M. (2003). Evaluation of executive functions in children. *Revista de Neurología*, 37(1), 44-50.

Southwick, S.M., Krystal, J.H., Bremner, J.D., Morgan, C.A., Nicolau, A.L., Nagy, L.M., et al. (1997). Noradrenergic and serotonergic function in posttraumatic stress disorder. *Archives of General Psychiatry*, 54, 749-58.

Southwick, S.M., Krystal, J.H., Morgan, A., Johnson, D., Nagy, L.M., Nicolau, A, et al. (1993). Abnormal noradrenergic function in posttraumatic stress disorder. *Archives of General Psychiatry*, 50, 266-74.

Stein, M.B. (1997). Hippocampal volume in women victimized by childhood sexual abuse. *Psychological Medicine*, 27(4), 951–959.

Stein, M.B., Kennedy, C.M., & Twamley, E.W. (2002). Neuropsychological Function in Female Victims of Intimate Partner Violence with and without Posttraumatic Stress Disorder. *Biological Psychiatry*, 52, 1079–1088.

Steriade, M., Dossi, R., Par'e, D., & Oakson, G. (1991). Fast oscillations (20-40 Hz) in thalamocortical systems and their potentiation by mesopontine cholinergic nuclei in the cat. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 88, 4396-4400.

Stuss, D.T., Shallice, T., Alexander, M.P., Picton, T.W. (1995). A multidisciplinary approach to anterior attentional functions. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 769, 191-211.

Stuss, D.T. & Alexander, M.P. (2000). Executive functions and the frontal lobes: conceptual view. *Psychological Research*, 63(3-4), 289-98.

Stuss, K.H. & Benson, D.F. (1984). Neuropsychological Studies of the Frontal Lobes. *Psychological Bulletin*, 95(1), 3-28.

Stuss, D.T. & Levine, B. (2002). Adult clinical neuropsychology: Lessons from studies of the frontal lobes. *Annual Review of Psychology*, 53, 401-433.

Szabo, J. (1962). Topical distribution of the striatal efferents in the monkey. *Experimental Neurology*, 19, 463-76.

Teicher, M.H. & Andersen, S.L. (1995). Enduring effects of early stress on motor activity and transmitter laterality. *Society of Neuroscience-Abstract Archive*, 21, 461.

Teicher, M.H., Ito, Y., Glod, C.A., Andersen, S.L., Dumont, N. & Ackerman, E. (1997). Preliminary evidence for abnormal cortical development in physically and sexually abused

children using EEG coherence and MRI. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 821, 160–75.

Teicher, M.H., Andersen, S.L., Polcari, A., Anderson, C.M. & Navalta, C.P. (2002). Developmental neurobiology of childhood stress and trauma. *Psychiatric Clinics of North America*, 25(2), 397-426.

Tekin, S. & Cummings, J. (2002). Frontal-Subcortical neural circuits and clinical neuropsychiatry. An update. *Journal of Psychosom Research*, 53, 647-654.

Terr, L.T. (1990). *Too Scared To Cry: Psychic Trauma in Childhood*. New York: Harper & Row. Pp 8.

Teuber, H.L. (1972). Unity end diversity of frontal lobe functions. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 32, 615-656.

Thatcher, R.W., Krause, P.J., & Hrybyk, M. (1986). Cortico-cortical associations and EEG coherence: a two-compartmental model. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 64, 123-143 123.

Thatcher, R.W., Walker, R.A., & Giudice, S. (1987). Human cerebral hemispheres develop at different rates and ages. *Science*, 230, 1110-13.

Thatcher, R.W., North, D.M., & Biver, C.J. (2008) Development of cortical connections as measured by EEG coherence and phase delays. *Human Brain Mapping*, 12, 1400–1415.

Tirapu-Ustárrroz, J., García- Molina, A., Luna-Lario, P., Roig-Rovira, T., & Pelegrín-Valero, C. (2008). Modelos de funciones y control ejecutivo (II). *Revista de Neurología*, 46(12), 742-750.

Toga, A.W., Thompson, P.M., & Sowell, E.R. (2006). Mapping brain maturation. *Trends in Neurosciences*, 29, 148–159.

Tomoda, A., Suzuki, H., Rabi, K., Sheu, Y-S., Polcari, A., & Teicher, M.H. (2009). Reduced prefrontal cortical gray matter volume in young adults exposed to harsh corporal punishment. *Neuroimage*, 47 (Suppl 2) T66-T71.

Trickett, P.K. & Susman, E.J. (1988). Parental perceptions of child-rearing practices in physically abusive and nonabusive families. *Developmental Psychology*, 24, 270-276.

Tupler & De Bellis (2006). Segmented Hippocampal Volume in Children and Adolescents with Posttraumatic Stress Disorder. *Biological Psychiatry*, 59, 523–529.

Twamley, E.W., Hami, S., & Stein, M.B. (2004). Neuropsychological function in college students with and without posttraumatic stress disorder. *Psychiatry Research*, 126, 265–274.

UN Children's Fund (UNICEF), Adolescence, an Age of Opportunity: The State of the World's Children 2011, February 2011, ISBN: 978-92-806-4555-2, available at: <http://www.unhcr.org/refworld/docid/4d6cfa162.html> [accessed 20 November 2012].

Uhlhaas, P. Frederic, R., Rodriguez, E., Rotarska-Jagiela, A., & Singer, W. (2010). Neural synchrony and the development of cortical networks. *Trends in Cognitive Sciences*, 14, 72-80.

Watts-English, T., Fortson, B.L., Gibler, N., Hooper, S.R., and De Bellis, M.D. (2006). The psychobiology of maltreatment in childhood. *Journal of Social Issues*, 62, 717–736.

Weiss, S. & Rappelsberger, P. (1996). EEG coherence within the 13–18 Hz band as a correlate of a distinct lexical organization of concrete and abstract nouns in humans. *Neuroscience Letters*, 209, 17–20.

Welsh, M.C., Pennington, B.F., & Groisser, D.B. (1991). A normative developmental study of executive function: a window on prefrontal function in children. *Developmental Neuropsychology*, 7, 131-149.

Welsh, M.C., Cicerello, A., Cuneo, K. & Brennan, M. (1994). Error and temporal patterns in Tower of Hanoi performance: Cognitive mechanisms and individual differences. *The Journal of General Psychology*, 122, 69-81.

Wise, S.P., Murray, E.A., & Gerfen, C.R. (1996). The frontal cortex-basal ganglia system in primates. *Critical Reviews in Neurobiology*, 10, 317-356.

Woodward, S.H., Kaloupek, D.G., Streeter, C.C., Martinez, Ch., Schaer, M., Eliez, S. (2006). Decreased Anterior Cingulate Volume in Combat-Related PTSD. *Biological Psychiatry*, 59(7), 582-587.

Yasik, A.E., Saigh, P.A., Oberfield, R. A., & Halamandaris, P.V. (2007). Posttraumatic Stress Disorder: Memory and Learning Performance in Children and Adolescents. *Biological Psychiatry*, 61, 382–388.

Zelazo, P.D. & Müller, U. (2002). Executive function in typical and atypical development (pp. 445-469). In U. Goswami (Ed.), *Handbook of Childhood Cognitive Development*.

A N E X O S

CRITERIOS DIAGNÓSTICOS DEL TRASTORNO POR ESTRÉS POSTRAUMÁTICO. MANUAL DIAGNÓSTICO Y ESTADÍSTICO DE LOS TRASTORNOS MENTALES DSM-IV

A. La persona ha estado expuesta a un acontecimiento traumático en el que:

La persona ha experimentado, presenciado o le han explicado uno (o más) acontecimientos caracterizados por muertes o amenazas para su integridad física o la de los demás.

La persona ha respondido con un temor, una desesperanza o un horror intensos. Nota: En los niños estas respuestas pueden expresarse en comportamientos desestructurados o agitados.

B. El acontecimiento traumático es reexperimentado persistentemente a través de una (o más) de las siguientes formas:

1. Recuerdos del acontecimiento recurrentes e intrusos que provocan malestar y en los que se incluyen imágenes, pensamientos o percepciones. Nota: En los niños pequeños esto puede expresarse en juegos repetitivos donde aparecen temas o aspectos característicos del trauma.
2. Sueños de carácter recurrente sobre el acontecimiento, que producen malestar. Nota: En los niños puede haber sueños terroríficos de contenido irreconocible.
3. El individuo actúa o tiene la sensación de que el acontecimiento traumático está ocurriendo (se incluye la sensación de estar reviviendo la experiencia, ilusiones, alucinaciones y episodios disociativos de flashback, incluso los que aparecen al despertarse o al intoxicarse). Nota: Los niños pequeños pueden reescenificar el acontecimiento traumático específico.
4. Malestar psicológico intenso al exponerse a estímulos internos o externos que simbolizan o recuerdan un aspecto del acontecimiento traumático.
5. Respuestas fisiológicas al exponerse a estímulos internos o externos que simbolizan o recuerdan un aspecto del acontecimiento traumático.

C. Evitación persistente de estímulos asociados al trauma y embotamiento de la reactividad general del individuo (ausente antes del trauma), tal y como indican tres (o más) de los siguientes síntomas:

1. Esfuerzos para evitar pensamientos, sentimientos o conversaciones sobre el suceso traumático.
2. Esfuerzos para evitar actividades, lugares o personas que motivan recuerdos del trauma.
3. Incapacidad para recordar un aspecto importante del trauma.
4. Reducción acusada del interés o la participación en actividades significativas.
5. Sensación de desapego o enajenación frente a los demás.
6. Restricción de la vida afectiva (p. ej., incapacidad para tener sentimientos de amor).
7. Sensación de un futuro desolador (p. ej., no espera obtener un empleo, casarse, formar una familia o, en definitiva, llevar una vida normal).

D. Síntomas persistentes de aumento de la activación (arousal) (ausente antes del trauma), tal y como indican dos (o más) de los siguientes síntomas:

1. Dificultades para conciliar o mantener el sueño.

2. Irritabilidad o ataques de ira.

3. Dificultades para concentrarse.

4. Hipervigilancia.

5. Respuestas exageradas de sobresalto.

E. Estas alteraciones (síntomas de los Criterios B, C y D) se prolongan más de 1 mes.

F. Estas alteraciones provocan malestar clínico significativo o deterioro social, laboral o de otras áreas importantes de la actividad del individuo.