



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

COORDINACIÓN GENERAL ACADÉMICA

Coordinación de Bibliotecas

Biblioteca Digital

La presente tesis es publicada a texto completo en virtud de que el autor ha dado su autorización por escrito para la incorporación del documento a la Biblioteca Digital y al Repositorio Institucional de la Universidad de Guadalajara, esto sin sufrir menoscabo sobre sus derechos como autor de la obra y los usos que posteriormente quiera darle a la misma.



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

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

## INSTITUTO DE NEUROCIENCIAS

Tomada de decisiones sociales en adolescentes  
institucionalizados: Correlatos EEG

Tesis  
que para obtener el grado de  
**DOCTOR EN CIENCIA DEL COMPORTAMIENTO  
(ORIENTACIÓN NEUROCIENCIA)**

presenta  
**Jorge Carlos Hevia Orozco**

Comité tutorial

**Dr. Miguel Angel Guevara Pérez (Director)**

Dra. Araceli Sanz Martín Codirectora

Dra. Marisela Hernández González

Dra. Olga Inozemtseva

Guadalajara, Jalisco

Junio de 2016

## Agradecimientos

A Dios, puesto que nada de esto sería posible sin su favor y su benevolencia. Lo que soy lo debo a Él.

A mis padres y mis hermanas, puesto que su cobijo me hace más fuerte.

A mi familia por su respaldo y apoyo. Todos, de muchas y variadas maneras, han contribuido con este logro.

Al Dr. Miguel Ángel Guevara, por haber confiado en mí y haberme *deformado* para ahora ser un investigador en formación. Gracias por sus enseñanzas Doc.

A la Dra. Araceli Sanz por sus enseñanzas en el tema de los menores con maltrato. Gracias por su paciencia doctora.

Al resto de mis tutores, por sus comentarios y sus valiosas retroalimentaciones. Gracias.

A mis compañeros del laboratorio. Ustedes me han enseñado mucho y por eso estoy agradecido con cada uno de ustedes.

Quisiera hacer mención especial para Dra. Mayra Almanza, Sr. Carlos del Castillo, Sr. Antonio Franco, Dr. Héctor Martínez.

## Índice

<b>Introducción</b> .....	<b>10</b>
<b>Institucionalización</b> .....	<b>3</b>
La crianza en una institución orfanatoria (que en adelante llamaremos institucionalización) está definida como aquélla que se da en un lugar en donde un grupo de profesionales, sujetos a horario laboral, suplen el lugar de la familia en el desarrollo infantil (Berens y Nelson, 2015). Save the Children, define a los cuidados institucionales como aquellos cuidados que son ofrecidos en un ambiente no familiar (Save the Children, 2009). Estas definiciones dan la idea de un cuidado alternativo que todo menor que se encuentra en vulnerabilidad por ausencia de los vínculos y cuidados familiares debería recibir y que está basado en los cuidados parentales.....	<b>3</b>
Características cognitivas, emocionales y conductuales de los niños y adolescentes institucionalizados.....	<b>8</b>
Alteraciones anatómico - funcionales en niños institucionalizados .....	<b>11</b>
<b>Toma de decisiones</b> .....	<b>15</b>
Proceso de toma de decisiones.....	<b>16</b>
Bases neurales de la toma de decisiones.....	<b>17</b>
Decisiones no sociales y sociales .....	<b>22</b>
Toma de decisiones sociales.....	<b>23</b>
Toma de decisiones durante la adolescencia .....	<b>32</b>
Ultimatum Game.....	<b>34</b>
<b>Regiones que participan en la toma de decisiones sociales</b> .....	<b>38</b>
Corteza prefrontal dorsolateral (BA 46) .....	<b>38</b>
Corteza frontopolar (BA 10).....	<b>44</b>
Polo temporal (BA 38) .....	<b>50</b>
Corteza parietal.....	<b>55</b>
<b>Electroencefalograma</b> .....	<b>60</b>
Ritmos electroencefalográficos .....	<b>63</b>
Cambios electroencefalográficos conforme a la edad.....	<b>66</b>
Cambios electroencefalográficos en relación a la toma de decisiones.....	<b>68</b>
<b>Planteamiento del problema</b> .....	<b>70</b>
Objetivo General .....	<b>72</b>
Objetivos Específicos.....	<b>72</b>
<b>Hipótesis General</b> .....	<b>72</b>
Hipótesis Específicas .....	<b>73</b>
<b>Metodología</b> .....	<b>73</b>
Participantes .....	<b>73</b>
Criterios de inclusión .....	<b>74</b>
Variables independientes.....	<b>74</b>
Variables dependientes.....	<b>74</b>
Materiales y método .....	<b>74</b>
Electroencefalograma .....	<b>81</b>
UltiGamPC (Ultimatum Game versión computarizada).....	<b>82</b>
Diseño experimental .....	<b>85</b>
Análisis estadístico .....	<b>87</b>
<b>Resultados</b> .....	<b>88</b>
Caracterización de la muestra .....	<b>88</b>

<b>Resultados conductuales .....</b>	<b>89</b>
<b>Resultados electroencefalográficos.....</b>	<b>90</b>
Correlación intrahemisférica prefrontal frontopolar – dorsolateral (Fp1-F3, Fp2-F4)	90
Correlación intrahemisférica prefronto – temporal (Fp1 – T3, Fp2 – T4, F3 – T3, F4-T4)	90
Correlación intrahemisférica prefronto – parietal (Fp1 – P3, F3 – P3, Fp2 – P4, F4 – P4)	91
<b>Discusión .....</b>	<b>92</b>
<b>Resultados conductuales del Ultimatum Game .....</b>	<b>92</b>
<b>Resultados electroencefalográficos.....</b>	<b>93</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>99</b>
<b>Referencias .....</b>	<b>101</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>122</b>

Índice de Figuras.

Figura 1. Divisiones de la corteza cerebral humana (tomado de Brodmann, 1909).	39
Figura 2. Conexiones recíprocas de la corteza prefrontal lateral (tomado de Fuster, 2008).....	40
Figura 3. Descripción de las divisiones entre áreas mediales y orbitales del cerebro humano (Öngür, Ferry y Price, 2003) .....	44
Figura 4. Representación gráfica de las conexiones de la región frontopolar con regiones temporales (tomado de Buritica-Ramírez y Pimienta-Jiménez, 2007). .....	46
Figura 5. Jerarquización funcional antero - caudal de la corteza prefrontal (tomado de Christoff y Gabrieli, 2000).....	47
Figura 6. El área de Brodmann 38, además de las áreas 20, 21 y 22, es parte del polo temporal (tomado del Olson, 2013).....	50
Figura 7. Conexiones anatómicas del lóbulo temporal anterior con la región frontopolar en el macaco tití (tomado de Burman, 2011) .....	52
Figura 8. Divisiones anatómicas de la corteza cerebral en donde se menciona las divisiones de la corteza parietal .....	56
Figura 9. Conectividad anatómica prefronto - parietal (tomado de Fuster, 2008)....	57
Figura 10. Sistema internacional 10-20 de colocación de electrodos y su nomenclatura (Jasper, 1958).....	63
Figura 11. Participantes incluidos en este estudio. ....	73
Figura 12. Imágen en donde se muestra al participante y al jugador 1 durante la ejecución del Ultimatum Game y del registro EEG simultáneo .....	81
Figura 13. Representación de la colocación de electrodos de acuerdo al Sistema Internacional 10-20 (Jasper, 1958) para registros de actividad EEG. ....	82
Figura 14. Representación gráfica de lasinstrucciones iniciales del Ultimatum Game versión computarizada.....	83

Figura 15. Representación gráfica de las instrucciones secundarias del Ultimatum Game versión computarizada.....	84
Figura 16. Representación gráfica de una propuesta justa del Ultimatum Game versión computarizada.....	84
Figura 17. Representación gráfica de una propuesta injusta del Ultimatum Game versión computarizada.....	85
Figura 18. Imágen en donde se muestra la sesión de invitación a los padres de familia de los adolescentes del grupo no institucionalizado.....	86
Figura 19. Diagrama que muestra los pasos del diseño experimental a seguir en este proyecto de investigación. ....	87
Figura 20. Media $\pm$ 2 E.S. de la cantidad total de dinero acumulado obtenidos por los participantes de los diferentes grupos.....	89
Figura 21. Media $\pm$ 2 E.S. de la correlación intrahemisférica frontopolar - dorsolateral izquierda (Fp1-F3) que presentaron los participantes en todas las bandas EEG durante la aceptación (A) y durante el rechazo de propuestas (B). ....	90
Figura 22. Media $\pm$ 2 E.S. de la correlación intrahemisférica dorsolateral - temporal izquierda (Fp1-T3) que presentaron los participantes en todas las bandas EEG durante la aceptación de propuestas (A) y durante el rechazo de propuestas (B).....	91
Figura 23. Media $\pm$ 2 E.S. de la correlación intrahemisférica prefronto - parietal izquierda (A) (F3-P3) y derecha (B) (F4-P4) que presentaron los participantes en todas las bandas EEG durante la aceptación de propuestas.....	92

## Resumen

Se ha demostrado que la vida en estos centros de atención conlleva una privación prolongada que implica una menor estimulación cognitiva y afectiva. Esto se ha relacionado con alteraciones en el desarrollo de diversas funciones ejecutivas, como la toma de decisiones. Así mismo, se ha encontrado a través de diversas técnicas que las bases neurales que sustentan la toma de decisiones, como la corteza prefrontal y su conectividad con otras áreas cerebrales presentan una alteración durante el desarrollo.

En este estudio participaron 20 adolescentes divididos en dos grupos: 10 adolescentes con institucionalización prolongada (o grupo INST) y 10 adolescentes sin antecedentes de institucionalización (o grupo NINST). Se llevó a cabo un registro de la actividad EEG mientras los adolescentes realizaban el Ultimatum Game, un juego en el que se pueden aceptar o rechazar propuestas

de cómo dividir 10 pesos entre dos jugadores y se calculó la correlación EEG en regiones prefrontales y entre regiones prefronto – temporales y prefronto – parietales en las siguientes bandas de frecuencia tradicionales.

En cuanto a la ejecución conductual, no se presentaron diferencias en la cantidad total de dinero acumulado entre ambos grupos de adolescentes. Con respecto a los resultados electroencefalográficos se encontró que, entre regiones prefrontales frontopolar – dorsolateral izquierdas, el grupo INST presentó una mayor correlación durante la aceptación de propuestas en la banda delta y una mayor correlación durante el rechazo de propuestas en la banda alfa-1, en comparación con el grupo NINST. Así mismo, se encontró en el grupo INST una menor correlación en la banda gamma ante la aceptación y el rechazo de propuestas entre regiones prefrontales y temporales en comparación con el grupo NINST. Por último, se encontró una menor correlación en el grupo INST durante la aceptación de propuestas entre regiones prefrontales y parietales izquierdas, pero una mayor correlación en la banda delta entre regiones prefrontales y parietales derechas, en comparación con el grupo NINST.

Acorde a la literatura, los resultados electroencefalográficos pudieran sugerir un patrón relacionado con inmadurez funcional cortical y una disminución en la conducta motivada de aproximación durante la ejecución del Ultimatum Game. Así mismo, los resultados prefronto – temporales, pudieran reflejar una alteración en el desarrollo de fascículos anatómicos que conectan estas dos regiones. Por último, el patrón EEG prefronto – parietal, pudiera reflejar una estrategia diferente entre ambos grupos, marcado por una predominancia de la perspectiva personal ante una toma de decisión social.

Estos resultados pudieran reflejar diferencias en el desarrollo cerebral de los adolescentes institucionalizados en comparación a los adolescentes de la comunidad y una probable predisposición de los adolescentes institucionalizados a la presentación de padecimientos psiquiátricos.

## **Abstract**

It has been shown that to live in these centers represents along-run deprivation implying lower cognitive and affective stimulation. This has been linked to alterations in the development of various executive functions, such as social decision-making and the neural bases that support as the prefrontal cortex and its connectivity with other brain areas.

This study involved 20 adolescents divided into two groups: 10 adolescents with prolonged institutionalization background (or INST group) and 10 adolescents without a history of institutionalization (or NINST group). INST and NINST groups, played the Ultimatum Game, a game in which they can accept or reject proposals of how to split 10 pesos between another adolescent, while electroencephalographic activity (EEG) was recorded and the EEG correlation was determined within prefrontal regions and between prefronto - temporal and between prefronto – parietal regions.

Behavioral results showed that no differences occurred in the total amount of money accumulated between the two groups of teenagers. Regarding the electroencephalographic results we found between left prefrontal frontopolar - dorsolateral areas, that INST group presented a higher correlation for the acceptance of proposals in delta band and a higher correlation in the rejection of proposals in the alpha1 band compared with NINST group. Also, it was found in the INST group a lower correlation in the gamma band during the acceptance and rejection of proposals between prefrontal and temporal regions, compared to NINST group. Finally, a lower correlation was found in the INST group for acceptance of proposals between left prefrontal and parietal regions, but a higher correlation in the delta band between prefrontal and right parietal regions, compared with NINST group.

The prefrontal results indicate a pattern that could be related to functional electrical immaturity and less approach behavior during execution of the Ultimatum Game. Likewise, prefronto – temporal EEG correlation, could be reflecting a lower anatomical development of fasciculi that connects these two regions, which could be expressed by a complex situation like the implementation of this game.

Finally, the EEG prefronto – parietal pattern, could reflect a different strategy between the two groups, characterized by a predominance of personal perspective to a social decision making in the INST group.

These results may reflect a difference in neurodevelopment in the institutionalized group compared to a never institutionalized group and a bias for presenting psychiatric disorders in institutionalized adolescents.

La presente tesis de doctorado se realizó en el Instituto de Neurociencias de la Universidad de Guadalajara bajo la tutoría de los doctores Dr. Miguel Angel Guevara Pérez, la Dra. Araceli Sanz-Martin, la Dra. Marisela Hernández-González y la Dra. Olga Inozemtseva con apoyo del CONACYT a través de la beca No. 290840 y el apoyo económico CB/2012/180981 para la adquisición de recursos materiales.

## Introducción

Las instituciones orfanatorias son centros que se encargan del cuidado integral de menores que por diversas situaciones personales, llegan a éstos centros. El abandono familiar, la muerte de los progenitores, la pobreza, el maltrato infantil o inclusive el retiro de la patria potestad de los padres por parte del gobierno, son algunas de las razones por las cuales un menor llega a una institución orfanatoria. Sin embargo, se ha demostrado que la crianza institucional está relacionada con la presencia de puntuaciones bajas en tareas que evalúan diversas funciones cognitivas básicas como la memoria, el control de impulsos, la atención, etc., así como también funciones ejecutivas complejas como la toma de decisiones sociales. Éstas alteraciones son un reflejo de las modificaciones en el desarrollo normal que sufren algunas estructuras como la corteza prefrontal, la corteza parietal y la corteza temporal, entre otras. Ciertamente, existen muchos factores que pudieran contribuir con dichas modificaciones, como los factores prenatales, enfermedades perinatales, ambiente social previo a la institucionalización, etc, sin embargo, uno de los factores más importantes es la pobre estimulación institucional. Como resultado, muchos menores institucionalizados se desenvuelven de manera atípica durante las interacciones interpersonales que tienen dentro de su vida en comunidad. Tomando en cuenta esto, es indispensable llevar a cabo protocolos de estudio cuyo alcance abarque las tomas de decisiones dinámicas durante la interacción de manera social y las bases neurales que la sustentan.

Con respecto a la toma de decisiones, ésta se podría definir como una función que nos permite manipular el medio ambiente con el fin de obtener un beneficio personal o grupal. Se ha comprobado que aquellas decisiones que tienen un factor social involucrado producen una actividad cerebral diferente a si el factor social está ausente. Una forma de evaluar la toma de decisiones sociales es a través de la teoría del juego, la cuál busca determinar las bases que sustentan la capacidad de los sujetos para tomar decisiones, considerando

las posturas de otros. Este marco teórico tiene la ventaja de ser fácilmente aplicable a otras áreas de investigación como las neurociencias. De tal forma que es viable la combinación de juegos con dinámica social implícita y herramientas de evaluación cerebral como por ejemplo la actividad electroencefalográfica (o actividad EEG). Esto sería de mucho interés puesto que permitiría profundizar en el conocimiento de los patrones electroencefalográficos de esta población. De tal forma que realizar una investigación que registre la actividad cortical cerebral, simultáneamente a la ejecución de una tarea de interacción social en menores con antecedentes de maltrato infantil, acercará a las neurociencias al conocimiento del impacto de la institucionalización sobre el desarrollo infantil.

En este estudio se evaluaron 20 adolescentes divididos en dos grupos: un grupo de adolescentes institucionalizados (INST) y un grupo de adolescentes sin antecedentes de institucionalización. Todos los adolescentes jugaron el Ultimatum Game y se registró simultáneamente la actividad EEG prefrontal, prefronto – temporal y prefronto – parietal.

En cuanto a la ejecución conductual, no se presentaron diferencias en la cantidad total de dinero acumulado entre ambos grupos de adolescentes. Con respecto a los resultados electroencefalográficos se encontró que, entre las regiones prefrontales frontopolar – dorsolateral izquierdas, el grupo INST presentó una mayor correlación durante la aceptación de propuestas en la banda delta y una mayor correlación durante el rechazo de propuestas en la banda alfa-1, en comparación con el grupo NINST. Así mismo, se encontró en el grupo INST una menor correlación en la banda gamma ante la aceptación y el rechazo de propuestas entre regiones prefrontales y temporales en comparación con el grupo NINST. Por último, se encontró una menor correlación en el grupo INST durante la aceptación de propuestas entre regiones prefrontales y parietales izquierdas, pero una mayor correlación en la banda delta entre regiones prefrontales y parietales derechas, en comparación con el grupo NINST.

Los resultados indican que conductualmente, no se presentaron diferencias, sin embargo, en el registro EEG se encontró un acoplamiento

funcional diferente entre los adolescentes INST y los NINST en regiones prefrontales y entre regiones prefrontales y temporales y entre regiones prefrontales y parietales. Puesto que estos algunos de estos resultados se asemejan a resultados EEG en pacientes psiquiátricos, se pudiera inferir que la similitudes EEG pudieran relacionarse con sintomatología psiquiátrica.

## **Institucionalización**

La crianza en una institución orfanatoria (que en adelante llamaremos institucionalización) está definida como aquella que se da en un lugar en donde un grupo de profesionales, sujetos a horario laboral, suplen el lugar de la familia en el desarrollo infantil (Berens y Nelson, 2015). Save the Children, define a los cuidados institucionales como aquellos cuidados que son ofrecidos en un ambiente no familiar (Save the Children, 2009). Estas definiciones dan la idea de un cuidado alternativo que todo menor que se encuentra en vulnerabilidad por ausencia de los vínculos y cuidados familiares debería recibir y que está basado en los cuidados parentales.

En 1989, la Convención de los Derechos de los Niños de las Naciones Unidas establecieron que para el desarrollo adecuado de la personalidad de un niño, éste debe de crecer en un ambiente marcado por la felicidad, el amor y la comprensión y que esto les ayudaría a prepararse como individuo para vivir en sociedad” (Convention on the Right of the Child, 1990). Sin embargo, lamentablemente, por diferentes situaciones para un menor, esto es imposible. Las razones más comunes por las que un menor ingresa a una institución orfanatoria son orfandad, abandono, pobreza, encarcelamiento y consumo de sustancias por parte de los padres y abusos de cualquier tipo. Se considera que alrededor del mundo, aproximadamente 8 millones de menores viven en instituciones orfanatorias, sin embargo, es muy probable que éste número sea aún mayor debido a la falta de información derivada de políticas que han dejado de lado a éste sector de la población (Save the Children, 2009).

Se ha considerado que los inicios de las instituciones orfanatorias se

remontan al siglo III, cuando San Vicente Ferrer se dedicaba a recoger niños huérfanos para ponerlos al cuidado y bajo la tutela de las beguinas, las cuales eran una asociación de mujeres cristianas dedicadas a las obras de caridad para asistir a los desamparados como mujeres, niños y ancianos. Sin embargo, al decaer el cuidado de éste grupo hacia los menores, se conformó la Cofradía del Bienaventurado San Vicente Ferrer. Ésta institución, al igual que otras alrededor del mundo han permanecido a lo largo de los siglos y han mantenido los principios básicos de organización y enseñanza.

Se ha observado que la institucionalización está relacionada con alteraciones cognitivas y conductuales en los menores, sin embargo, no fue sino hasta hace no muchos años que presentó una oportunidad de investigación invaluable para la neurociencia, aunque ésta represente una situación lamentable para la sociedad. Bajo el gobierno de Nicolae Ceausescu en Rumania (1974 – 1989), durante sus 24 años de poder, se impulsó el crecimiento del comunismo en este país a través del incremento en el número de población comunista. El presidente Ceausescu abolió el aborto y los métodos anticonceptivos y promovió las familias con muchos hijos ofreciendo 500 leis rumanos por mes, por cada niño, a las familias que tuvieran más de 4 hijos (Gloviczki, 2004). Su meta era llegar a 30 millones de comunistas rumanos para el año 2000. Sin embargo, su meta nunca se vio alcanzada debido a que el presidente Ceausescu fue condenado a muerte en el invierno de 1989. Esto dejó a cerca de 150,000 niños viviendo en orfanatos, carentes de servicios básicos y sujetos a diversos tipos de maltrato. Este lamentable hecho social, con el tiempo se convirtió un campo fértil para la neurociencia y la psicología experimental. A raíz de estas observaciones, se ha descrito que el patrón insuficiente de estimulación cultural y educacional, maltrato y privación social a los que son sometidos los niños en instituciones orfanatorias, produce en los menores un retraso en el desarrollo del crecimiento, por ejemplo, una disminución en la somatotipia (Lamba y Singh, 2009), problemas cognitivos (Pollak, y cols, 2010), anormalidades conductuales y sociales (Nelson, 2007), dificultades en la atención e hiperactividad (Chugani, Behen, Muzik, Juhász, Nagy y Chugani,

2001), etc.

Dentro de las deprivaciones que se han englobado en la institucionalización se han contemplado a las motoras (Levin, 2015), cognitivas (Pollack, y cols, 2010), socio – emocionales (St. Petersburg y USA Orphanage Research Team, 2008) y en algunas ocasiones alimentarias (Kroupina, 2015). Estos factores, de diversas formas tienen un impacto sobre el desarrollo cerebral, sin embargo hay estudios que han intentado establecer las consecuencias de los diferentes factores ausentes en la institucionalización sobre el desarrollo de los menores. Por ejemplo, en un estudio llevado a cabo en menores adoptados en el Reino Unido provenientes de instituciones orfanatorias rumanas, se buscaba establecer las diferencias en el efecto de la desnutrición y el efecto de la duración en la institucionalización sobre la cognición, la salud mental y el crecimiento cerebral. Ellos dividieron a los menores adoptados en aquellos que habían estado más de 6 meses en la institución y otro de menos de 6 meses en la institución. Otros dos grupos fueron formados con aquellos niños que se encontraban con desnutrición y aquellos sin desnutrición. Todos los niños eran menores de entre 6 meses y 3 años con 7 meses. Ellos encontraron que antes de los 6 meses, el efecto de la mal nutrición se reflejaba sobre el coeficiente intelectual, sin embargo, posterior a los 6 meses, el efecto se centraba en 11 variables de desarrollo como por ejemplo peso a los 6 y 11 años, la circunferencia craneal a los 6 y los 11 años, el coeficiente intelectual a los 11 años, sintomatología de hiperactividad y desatención a los 11 años, apego desinhibido (o falta de discriminación entre conocido/desconocido) a los 11 años y síntomas cuasiautistas a los 11 años. De tal forma que el período de corte de estancia institucional en este estudio (6 meses) fue la que produjo una diferencia a largo plazo en los resultados del impacto institucional sobre el desarrollo del menor (Sonuga-Barke y cols, 2008).

De tal forma que gran parte de la deprivación que sufren éstos menores, está relacionada con el factor “cuidador”, que representa la figura más importante para proveer la estimulación necesaria e indispensable para el desarrollo en plenitud de los menores institucionalizados para vivir en sociedad.

Algunos de las características más comunes descritas entre los cuidadores de instituciones orfanatorias están la poca cantidad de cuidadores para el gran número de menores en la institución (Pollack, 2010), la falta de capacitación especializada para la educación integral de los menores (Save the Children, 2009), la constante rotación de los cuidadores y el tipo de trabajo sujeto a horario laboral, lo cuál dificulta el establecimiento de vínculos de confianza entre el menor y el cuidador (Bakermans-Kranenburg y cols, 2011) y en algunas ocasiones la falta de compromiso por parte del cuidador para proporcionar una ayuda constante e incondicional para con los menores (Nelson, 2007), lo cuál también afecta el establecimiento de vinculación afectiva entre ambas partes. Inclusive para el caso de México, en la Norma Oficial Mexicana no se toma en cuenta este factor al no mencionar proporción de cuidadores por cada menor (Secretaría de Salud, 1999).

Se ha descrito que el experimentar situaciones ambientales modifican y favorecen el desarrollo del sistema nervioso de los infantes (Greenough, Black, y Wallace, 1987), algunas de estas experiencias son el contacto con cuidadores, la alimentación adecuada, la estimulación cognitiva y sensorial y lingüística, entre otras. Sin embargo, se ha reportado ampliamente que uno de los principales problemas en la institucionalización, es la deprivación temprana de estímulos dependientes del medio ambiente, los cuales son necesarios para el sano desarrollo de diversos sistemas corporales, entre ellos el sistema nervioso.

Aunque el desarrollo del SNC comienza a los 18 días después de la concepción y se prolonga durante toda la vida, existen etapas críticas en las que los cambios madurativos son más drásticos y por tanto, las influencias externas pueden ser más determinantes; dos de estas etapas son la niñez y la adolescencia, en las que se desarrolla el procesamiento dendrítico, se mielinizan las vías nerviosas y más tarde, se presentan las podas neurales y sinápticas. Todos estos cambios hacen de la niñez y la adolescencia etapas muy vulnerables a eventos estresantes (Sanz, Rizo y Hevia, 2014).

Como se puede entender, el inadecuado ambiente institucional podría estar relacionado con una alteración en la base cognitiva – emocional sobre la

cual se desarrollan habilidades necesarias para una independencia sana durante la adultez del menor, así como la habilidad social para establecer relaciones interpersonales favorables. La adquisición de las habilidades sociales que se desarrollan durante la niñez y la forma en la que se aplican, se ven alteradas cuando no hay una adecuada y suficiente crianza, como la que se presenta en las instituciones orfanatorias, dados los factores que se han mencionado previamente. En el desarrollo del cerebro, como del resto del organismo, interactúan la maduración y la experiencia: mientras que el despliegue de la arquitectura básica del SNC está especificada en el genoma humano (maduración), el establecimiento de las conexiones en detalle, es la consecuencia de las vivencias del individuo en un ambiente determinado (Andersen y Teicher, 2004). De tal forma que si la base de la cognición social no se presenta de manera segura y protectora en los primeros años de vida, las habilidades sociales se ven alteradas en etapas tardías del desarrollo. Dado que los niños dependen de la protección de los adultos, sus instrucciones y sus modelos, su desarrollo está profundamente afectado por la calidad en la interacción con sus cuidadores que presentan sus cuidadores, expresado por el tono, la velocidad y las intenciones de voz, las expresiones faciales, el toque físico, el movimiento corporal proveniente de una figura de seguridad y de confianza como los padres o cuidadores (Rees, 2008). De tal forma que el menor en instituciones orfanatorias, se enfrenta a factores poco favorables para su desarrollo, por un tiempo indefinido puesto que los motivos de separación paterna, tienen tiempos de resolución muy prolongados. Con respecto al tiempo de la institucionalización, como se ha mencionado previamente y como han descrito otros autores, a mayor tiempo en la institucionalización (relacionada con la privación de estímulos socio – afectivos), mayor es el retraso en el desarrollo del menor (Chisholm, 1998; Johnson y Gunnar, 2011).

Como se ha mencionado, la privación institucional tiene un impacto profundo sobre el desarrollo estructural nervioso y por lo tanto en diversas funciones cognitivas y conductuales. A continuación se expresarán algunas de las características cognitivo – conductuales que presentan los menores que son

criados en el ambiente institucional.

### **Características cognitivas, emocionales y conductuales de los niños y adolescentes institucionalizados**

Para conocer a detalle los patrones conductuales de los menores institucionalizados, Chugani y cols (2001), evaluaron dos grupos de niños: un grupo de menores institucionalizados (edad promedio: 8.83 años) y un grupo de menores con diagnóstico de epilepsia (edad promedio: 10.74) a través de la prueba Lista Conductual del Niño (Child Behavioral Checklist o CBCL). Los resultados demostraron que los puntajes en los niños institucionalizados fueron mayores en comparación a los niños no institucionalizados. El promedio de los puntajes expresado en la tabla 1, expresa la media obtenida por el grupo institucionalizado la cual fue mayor que los menores con diagnóstico de epilepsia, sin antecedente de institucionalización. Los resultados de la prueba indican que a mayor puntaje, mayores índices de problemas conductuales.

Tabla 1. Perfil conductual de niños institucionalizados (Chugani y cols, 2001)

<b>Conducta</b>	<b>Media</b>	<b>DE</b>
<b>Total</b>	<b>70.1</b>	<b>7.43</b>
<b>Rechazo</b>	<b>61.2</b>	<b>8.21</b>
<b>Problemas somáticos</b>	<b>58.0</b>	<b>8.75</b>
<b>Ansiedad/Depresión</b>	<b>67.8</b>	<b>14.1</b>
<b>Problemas sociales</b>	<b>9.3</b>	<b>8.88</b>
<b>Problemas de pensamiento</b>	<b>71.3</b>	<b>9.09</b>
<b>Problemas de atención</b>	<b>75.7</b>	<b>7.93</b>
<b>Conductas delictivas</b>	<b>63.6</b>	<b>10.9</b>
<b>Conductas agresivas</b>	<b>64.9</b>	<b>12.07</b>

Con respecto al efecto de la institucionalización sobre el desarrollo de funciones cognitivas, Pollack y cols (2010), evaluaron conductualmente el desempeño de esta población ante tareas que evaluaban diferentes funciones. Ellos buscaban determinar cuáles dominios del desarrollo cognitivo pueden estar particularmente afectados por la privación social. En este trabajo se evaluaron 132 niños de más de 8 años, 0 meses y menores de 9 años, 11 meses divididos en 3 grupos:

grupo de niños con experiencia institucional (EI) que habían sido adoptados después de los 12 meses de edad (n=48, 50% mujeres, rango en institución=12-78 meses, media:23.4, DE:12.9) o que habían permanecido al menos el 75% de su vida en instituciones; el otro grupo estaba constituido por niños que habían sido adoptados antes de los 8 meses (EA) (n=40, 47% mujeres, rango de institucionalización de 2 a 8 meses, media: 5.2 meses, DE: 1.7 meses). El tercer grupo estuvo formado por niños criados en familias, sin experiencia institucional (n=44, 55% mujeres). Las pruebas que se utilizaron evaluaban, funciones ejecutivas, atención, memoria verbal y semántica, control de respuestas y toma de decisiones y cognición social, funciones ejecutivas, entre otras, percepción social y la habilidad para inhibir impulsos inmediatos. De los hallazgos más importantes fue que el grupo tuvo puntajes más bajos en la prueba de inhibición de impulsos inmediatos, además de peor desempeño que los otros grupos en funciones como asociación de pares, reconocimiento facial, atención visual, etc. Los autores interpretan estos resultados como un efecto de situaciones adversas en la crianza de los niños institucionalizados como formas inadecuadas de alimentación, falta de juguetes estimulantes, poca estimulación lingüística y una falta de interacción personalizada por parte de los cuidadores.

Así mismo, hay otros estudios en los que se han reportado alteraciones en la planeación, en la memoria visual y en el aprendizaje novedoso, en el reconocimiento de patrones (la cual es una tarea relacionada con la actividad de lóbulos temporales mediales) y memoria de trabajo visoespacial en menores institucionalizados en comparación a menores no institucionalizados (Bos, Fox, Zeanah y Nelson III, 2009).

Con respecto a las características emocionales de estos participantes se han hecho estudios para evaluar la relación que hay entre la duración de la institucionalización y la presencia de alteraciones emocionales y conductuales. Ellis, Ficher y Zahaire (2004), aplicaron distintas pruebas a los cuidadores que estaban familiarizados con la conducta de un grupo de 51 menores de albergue con un promedio de edad de 3 años con 7 meses. Ellos aplicaron un inventario para evaluar las reacciones emocionales y los patrones conductuales basado en

la presencia o ausencia de conductas observables por los cuidadores, como por ejemplo, “busca afecto por los adultos aunque sean desconocidos”, “moja la cama por las noches”, “agarra las cosas de los demás niños”, etc. Los autores encontraron una relación lineal entre la duración de la estancia en la institución y los puntajes generales del inventario conductual contestado por los cuidadores, síntomas depresivos, síntomas distímicos, síntomas de estrés postraumático y síntomas de ansiedad generalizada. Los resultados remarcan el impacto de la duración de la institucionalización sobre el desarrollo de alteraciones emocionales y conductuales.

Así mismo, a través de una serie de encuestas realizadas a 393 adolescentes de edades entre 11 y los 18 años, Erol, Simsek y Munir (2010), evaluaron diversos aspectos de la conducta de adolescentes que habían permanecido como institucionalizados por más de un año. Ellos aplicaron una autoevaluación (Youth Self Report) para evaluar: conducta agresiva, conducta “que rompe reglas” (estas dos primeras consideradas como problemas de externalización), problemas atencionales, problemas de pensamiento, problemas sociales, problemas somáticos, conducta depresiva/de rechazo y conducta depresiva/ansiosa (las últimas tres son consideradas como problemas de internalización). También evaluaron conductas de competencia como por ejemplo participación en deportes y trabajo, participaciones sociales (número de amigos, contactos con otras personas, participación en organizaciones de voluntarios), competencias académicas (promedio escolar, años repetidos, etc). También se aplicó la lista de conductas de los menores (Child Behavior Checklist) a los cuidadores para evaluar problemas conductuales dentro de los albergues. Los resultados reflejaron una mayor prevalencia de síntomas de internalización y externalización en los adolescentes institucionalizados, obteniéndose mayores puntajes a través de los autoreportes en comparación a los reportes de los cuidadores y los maestros. También se presentaron problemas sociales, de atención y de pensamiento. Por último, se encontró una correlación negativa entre los puntajes de internalización y externalización y conductas de competencias como por ejemplo participaciones sociales,

competencias académicas, etc. Una vez más, las alteraciones en las conductas sociales que se reportan en menores institucionalizados, indica la necesidad de indagar acerca de las bases neurales que la sustentan.

A continuación, se expondrán algunas de las alteraciones anatómico – funcionales que se han reportado en menores institucionalizados y que sustentan el desempeño cognitivo y conductual de los menores.

### **Alteraciones anatómico - funcionales en niños institucionalizados**

Dado el patrón de conductas desplegadas por niños víctimas de negligencia emocional en instituciones orfanatorias, Chugani y cols, evaluaron a través de la Tomografía por Emisión de Positrones (TEP) el desarrollo cerebral de tres grupos de participantes que pudiera relacionarse con esos patrones conductuales: 10 niños (6 hombres, 4 mujeres, edad media: 8.83, rango de edad: 7.1 a 11.3) que habían vivido en situación de albergue desde las 4-6 semanas de vida hasta 38 meses después (rango de meses: 16 a 90 meses) para luego ser adoptados por familias en Estados Unidos y que habían vivido en estas casas adoptivas por 67.2 meses (rango: 16 a 90 meses), y los comparó con dos grupos control: uno de población adulta (17 adultos, 9 hombres, 8 mujeres, edad media: 27.3, rango de edad 21-36 años) y con un grupo de 7 niños con diagnóstico de epilepsia en el lóbulo temporal intratable en período preoperatorio (edad promedio: 10.74, rango de edad: 7.9 a 13.5, 5 hombres, 2 mujeres). Evaluó a los participantes con las siguientes escalas: funcionamiento intelectual verbal, no verbal y global, vocabulario expresivo y receptivo y procesamiento de lenguaje, memoria verbal y visual, funcionamiento ejecutivo (atención, impulsividad, eficiencia cognitiva y flexibilidad y problemas de conducta a través de entrevistas a los padres adoptivos de los participantes). A través de un mapeo paramétrico estadístico (SPM) se hicieron las comparaciones de las imágenes tomadas por el TEP en reposo y en estado despierto. En los resultados de las evaluaciones neuropsicológicas, se encontró que los niños institucionalizados presentaron un promedio menor en el funcionamiento intelectual global en comparación con los otros dos grupos, una

menor capacidad de concentración sostenida y de atención, calificación en límite bajo en la capacidad de procesamiento de lenguaje expresivo y receptivo, eficiencia cognitiva medianamente afectada, así como una alteración en la medida de impulsividad. El reporte de los padres adoptivos indicó una dificultad conductual significativa, marcada por la impulsividad, problemas académicos y problemas para relacionarse con sus pares. Por último presentaron niveles elevados de depresión y ansiedad y de puntajes en sub escalas de problemas sociales. En el análisis de los resultados de la TEP, se comparó el grupo adulto con el grupo de niños post institucionalizados y se encontró una disminución del metabolismo de la glucosa en el grupo de los niños en corteza prefrontal bilateral, estructuras temporales mediales (amígdala e hipocampo) y en el tallo cerebral y corteza infralímbica. En comparación con el grupo de la misma edad con diagnóstico de epilepsia se encontró una menor activación en estructuras de la corteza orbitofrontal izquierda (BA 11), estructuras del lóbulo temporal medio izquierdo y corteza temporal lateral (BA 38). La autora concluyó que estas alteraciones podrían deberse al estrés temprano y que esto podría producir déficits conductuales y cognitivos en el largo plazo (Chugani, Behen, Muzik, Juhász, Nagy y Chugani, 2001).

Así mismo, Eluvathingal (Eluvathingal, y cols., 2006) utilizando el tensor de difusor (el cual mide la difusión del agua en la sustancia blanca cerebral) de imágenes analizó la integridad de tractos de sustancia blanca que conectan estructuras límbicas y paralímbicas (fascículo uncinado, estría terminalis, fornix y cíngulo) en 7 niños (5 niñas y 2 varones, edad media  $9.7 \pm 2.6$  años) que habían experimentado negligencia emocional en orfanatos rumanos. Estos niños habían permanecido posterior al nacimiento en un orfanatorio y que habían permanecido allí por 39 meses y que posteriormente habían sido adoptados por familias americanas y los comparó con 7 niños de población general (4 niñas y 3 varones, edad media:  $10.7 \pm 2.8$  años). A la par se hicieron diversas evaluaciones neuropsicológicas para: funcionamiento intelectual verbal, no verbal y global, procesamiento del lenguaje y vocabulario receptivo y expresivo, apego, funciones ejecutivas (atención e impulsividad), destreza manual y

funcionamiento conductual. En los resultados neuropsicológicos, el autor encontró que los niños de orfanato presentaban una reducción de sus capacidades verbales en comparación con las no verbales, una disminución en la organización perceptual, un índice de memoria verbal y no verbal con promedio bajo y una capacidad de atención y concentración baja así como una impulsividad afectada. En los resultados de imagen encontró que el fascículo uncinado presentó una menor densidad en los niños del grupo de orfanato en el hemisferio izquierdo, lo cual podría reflejar una disminución entre la comunicación entre regiones prefrontales y temporales, a diferencia del grupo control que no presentó diferencia en la densidad de este mismo tracto entre hemisferios. Estos resultados concuerdan con hallazgos anteriores que muestran una disminución de la actividad metabólica en regiones límbicas y paralímbicas (Chugani, 2001). El autor concluye con esto que una inadecuada estimulación en los orfanatos, junto con una privación socioemocional, pudiese estar relacionada con los hallazgos neurobiológicos de este estudio.

Además de estas técnicas utilizadas para medir la funcionalidad cerebral, se ha utilizado la electrofisiología para conocer los cambios que se presentan en la actividad cortical de los niños institucionalizados. Marshall, evaluó a los mismos participantes anteriores (7 niños previamente institucionalizados y 7 niños nunca institucionalizados) y midió la potencia absoluta y potencia relativa en las bandas theta, alfa y beta en regiones frontales, centrales, parietales, occipitales y temporales. Habían hipotetizado una disminución de las bandas rápidas en el grupo institucionalizado. Entre los hallazgos más importantes se encuentra una disminución en la potencia absoluta de la banda theta en ambos lóbulos temporales en el grupo de niños institucionalizados, así como una disminución de la potencia absoluta de la banda alfa en regiones frontales y temporales y una disminución de la potencia beta en regiones frontales y temporales, en el mismo grupo. Los autores concluyen que existe un patrón electroencefalográfico en niños institucionalizados que refleja una alteración en el desarrollo del sistema nervioso, marcado por una hipoactivación tónica cortical (Marshall y Fox, 2004).

En este mismo sentido, McLaughlin utilizó la asimetría frontal del EEG (FEA) para evaluar las diferencias en la activación entre áreas frontales derecha e izquierda, basándose en el concepto de que la FEA representa las diferencias individuales del estilo afectivo y de la respuesta de alejamiento/aproximación a un estímulo emocional (Davidson, 1992) y bajo el concepto de la lateralización de emociones (negativas, derecho y positivas, izquierdo). Esta autora examinó el efecto en la infancia y hasta la niñez, de las experiencias del medio ambiente y si esto predice la psicopatología, por lo que llevó a cabo un registro EEG incluyendo en su muestra a 136 niños, divididos en 3 grupos: uno de 68 niños de entre 6 y 30 meses de edad que vivían en un orfanato; otro grupo de 68 niños de la misma edad pero que a los 22.97 meses habían sido colocados en lugares adoptivos y otro de 72 niños de población general. La autora evaluó el desarrollo físico, habilidades cognitivas y desarrollo cerebral, a través de un registro EEG (en reposo y despiertos) a los 30, 42 y 96 meses de edad y a los 54 meses evaluó desordenes psiquiátricos (Evaluación Psiquiátrica en Edad Escolar). En los resultados EEG encontró que los niños que permanecieron institucionalizados presentaron, en el registro a los 30 meses, al igual que los otros dos grupos, una mayor actividad frontal izquierda en basal medida por la actividad de la banda alfa, sin embargo en la evaluación a los 96 meses este mismo grupo presentó una mayor actividad en la región frontal derecha a diferencia de los otros dos grupos, quienes tenían más actividad en el hemisferio izquierdo. Además se encontró una correlación entre la actividad simétrica de regiones frontales con los valores de psicopatología (síntomas de internalización), evaluada a los 54 meses (McLaughlin, Fox, Zeanah y Nelson, 2011). Estos hallazgos son importantes puesto que la región frontal izquierda se ha relacionado con los estímulos emocionales positivos que promueven la conducta del apego mientras que el hemisferio derecho se activa con conductas negativas que promueven la conducta de rechazo y de la conducta de evitación, concluyendo con esto la autora que la exposición a ambientes adversos en la crianza de los niños pueden alterar el desarrollo cerebral que pueden llevar a un alto riesgo de psicopatologías como la depresión (Gotlib, 1998).

En general, se ha comentado acerca de las alteraciones anatómico – funcionales que se presentan en menores con institucionalización prolongada y que estas alteraciones pudieran relacionarse con diferencias en algunas funciones ejecutivas como se ha descrito en estos menores, en comparación con infantes no institucionalizados. Así mismo, la capacidad de razonar, generar soluciones a problemas e implementarlos de la mejor manera, es una capacidad otorgada en los seres humanos por las funciones ejecutivas tales como la atención, memoria, planeación, inhibición, etc. Sin embargo, estas capacidades, también son indispensables para entender la mente de otras personas para tomar una decisión en la cual hay un segundo individuo involucrado (Meyer, Taylor y Liberman, 2015). De ser así, la inteligencia y las habilidades implicadas en la toma de decisiones sociales, como la empatía y la teoría de la mente, deberían emerger a la par durante la ontogenia normal de un menor, lo cual permitiría una adecuada adaptación del individuo a la sociedad. Por lo tanto, resulta entendible el pensar que las alteraciones en las funciones ejecutivas, pudieran relacionarse con alteraciones en las habilidades sociales y por lo tanto, en la toma de decisiones sociales. Este razonamiento también pudiera derivarse de las alteraciones conductuales sociales, explicadas previamente en este capítulo, sin embargo, es precisamente el objetivo del presente estudio el encontrar un patrón conductual social ante una toma de decisión en menores con diferencias en distintas funciones ejecutivas.

Como se ha mencionado, las carencias de la institucionalización afectan el desarrollo emocional y cognitivo de los sujetos, lo cual probablemente afecte también de manera drástica la adecuada toma de decisiones. A continuación se explorarán algunas de las características propias de ésta función.

### **Toma de decisiones**

Se considera a la toma de decisiones como parte de un grupo de funciones ejecutivas que le permiten al ser humano controlar y coordinar pensamientos y conductas (Luria, 1966) que tienen un procesamiento interno y una

retroalimentación externa, en la cual están involucrados el proceso de formar preferencias, seleccionar y ejecutar una acción y evaluar los resultados (Ernst, 2005). De manera aplicada, es la habilidad de procesar múltiples alternativas y escoger un curso óptimo de acción en búsqueda de una meta personal en determinada situación (Castelli, 2010). El estudio de la toma de decisiones tiene como objetivo principal el entendimiento de nuestra habilidad de procesar múltiples alternativas para escoger un curso óptimo de acción (Sanfey A. 2007). Su importancia radica en la necesidad de adaptación del ser humano a medios ambientes cambiantes, que exigen grandes retos todos los días. Por lo tanto, la forma en la que el ser humano hace juicios y toma sus decisiones, ha sido un tema que ha ocupado al ser humano desde hace muchos siglos (Sanfey, Loewenstein, McClure y Cohen, 2006).

### **Proceso de toma de decisiones**

El proceso de toma de decisiones puede ser difícil por su misma naturaleza, socialmente ya sea por la trascendencia de los resultados o de forma más básica porque muchas opciones comparten características necesarias para obtener un fin, o porque nuestra respuesta depende de las acciones de otro agente. También puede depender de cambios en el medio ambiente como disponibilidad de las alternativas, cambios en los puntos de referencia e influencias sociales (Engelmann y Hein, 2013). Se ha postulado que cualquier toma de decisiones está compuesta por una estructura básica (Ernst, 2005):

- Presentación del estímulo lo cual predice una probabilidad de conseguir recompensa o un estímulo aversivo (input).
- Valoración de los estímulos y formación de preferencias (process).
- Acción llevada a cabo en respuesta al estímulo (output).
- Evaluación de la experiencia y del resultado al realizar una acción sobre el estímulo (feedback).

De tal forma que, según estos autores, el proceso de toma de decisiones, empieza desde la presentación del estímulo hasta el análisis de los resultados obtenidos.

El estudio de la toma de decisiones ha sido objeto de muchos pensadores en el área de la psicología, neurociencias, filosofía, economía, etc. Una teoría de estudio que busca integrar los procesos implicados en la toma de decisiones es el propuesto por Rangel (2008), quien establece una estructura teórica formada por: la representación del objeto que es la base para el establecimiento de los probables planes de acción tomando en cuenta estímulos internos y externos; la validación que establece el valor o el peso de cada acción a seguir; la selección de la acción que se basa en las evaluaciones del estímulo hechas previamente; la evaluación de qué tan deseables o no fueron los resultados obtenidos y agrega un elemento extra a los modelos típicos de toma de decisiones como el aprendizaje, que actualiza las representaciones, validaciones y los resultados obtenidos para tomarlos en cuenta en decisiones futuras.

A través de diversas técnicas de imagenología se ha podido esclarecer cuáles son las bases neurales de este proceso. A continuación se expondrán brevemente algunos de estos detalles.

### **Bases neurales de la toma de decisiones**

Con respecto a los sustratos neurales, a través de los estudios de la psicología experimental y de los hallazgos en las neurociencias, se ha podido sugerir que la toma de decisiones no es producto de un procesamiento único, sino la interacción de múltiples subsistemas especializados (Sanfey y Chang, 2008). En el análisis de las bases nerviosas de la toma de decisiones, se han propuesto tres procesos generales temporal y funcionalmente distintos, pero complementarios, los cuales son 1) la evaluación y la formación de preferencias a lo largo de opciones posibles, 2) la selección y la ejecución de una acción, 3) la experiencia y el procesamiento de un resultado (Tabla 2). Tales procesos se han asociado con diversos grupos de estructuras que trabajan coordinadamente.

Tabla 2. Modelo hipotético de las áreas involucradas en las diferentes etapas de la toma de decisiones. CPFDL: corteza prefrontal dorsolateral, CCad:corteza cingulada dorsal anterior; GT: giro temporal superior, LPI/S: lóbulo intraparietal superior; CPF VL/M: corteza prefrontal ventrolateral medial; CCAv: corteza cingulada ventral anterior. Los signos (+) indican el grado de participación de determinada área en las etapas de la toma de decisiones (tomado de Ernst, 2005).

	Áreas	Evaluación	Ejecución	Procesamiento de resultados
Cognitivo	CPFDL	+++	++	+++
	CCad	+++	++	+
	GTS	+++	+	+++
	LPI/S	+++	+	++
Afectivo	CPF VL/M	++	+	+++
	CCA <sub>v</sub>	++	+	+++
	Ínsula anterior	+++	++	+
	Amígdala	++	+	+++
	Estriado ventral	+	+++	+
Otros	Estriado dorsal	+	+++	+
	Área motora suplementaria	+	+++	+



En la etapa 1 se da una deliberación acerca de las alternativas para formar una decisión, en la cual, hay un reforzamiento de patrones de actividad cerebral responsables de la obtención de la meta, que forman asociaciones entre estímulos con el ambiente, las acciones, las reglas y las recompensas subsecuentes de una meta (Ridderinkhof, van den Wildenberg, Segalowitz y Carter, 2004). También se considera, junto con esta deliberación, los factores que pudiesen influenciar sobre la decisión como la valencia del estímulo (positiva o negativa), la prominencia (intensidad o magnitud), la probabilidad (grado de incertidumbre), el tiempo de retraso de la presentación, los valores y el número de opciones, la experiencia previa con estas opciones y resultados y los contextos internos o externos sobre los que se toma la decisión (p ej, social, afectivo, etc) (Ernst, 2005). En esta etapa son la corteza parietal y la corteza cingulada anterior las que participan en la codificación de las opciones y el procesamiento de la incertidumbre, respectivamente (Critchley, Mathias, y Dolan, 2001). Dentro de las estructuras subcorticales que intervienen en esta etapa se encuentra la amígdala, que pertenece a una red que identifica los estímulos emocionales de las opciones (Phillips, Drevets, Rauch y Lane, 2003).

El objetivo de la segunda etapa es iniciar, realizar y completar una acción de acuerdo con las preferencias establecidas en la primera etapa. Para tal proceso se debe de ejercer un control cognitivo necesario para resistir interferencias de otras alternativas para asegurar la selección de las opciones adecuadas (Miller y Cohen, 2001). Como se mencionó, se debe presentar una inhibición de las otras opciones en competencia, las cuales deben de ser suprimidas; además debe de haber un monitoreo de submetas, se deben implementar secuencias y la corteza prefrontal dorsolateral, permite la monitorización del proceso en esta etapa, al interactuar con la corteza cingulada anterior (Mathalon, Whitfield y Ford, 2003). Sin embargo, este proceso de regulación mediado por la corteza prefrontal dorsolateral puede ser alterado, como en las interacciones interpersonales de alto mantenimiento (que requieren mucho control cognitivo) en las que los recursos de la autorregulación pueden verse mermados cuando las acciones continuas requieren del mismo proceso una y otra vez como el que se da ante situaciones sean sociales (Prabhakaran y Gray, 2012) como se verá más adelante.

En la tercera etapa se da la consumación de los planes y el aprendizaje de los valores actuales de cada opción en busca del objetivo planteado (Ernst, 2005). En esta etapa de monitoreo se requiere flexibilidad conductual y el aprendizaje basado en recompensas, por medio de la asociación, para tener la habilidad de evaluar y comparar los resultados con metas internas (Ridderinkhof, van den Wildenberg, Segalowitz, y Carter, 2004). Además de las regiones implicadas en el procesamiento emocional como la amígdala el núcleo accumbens y la corteza orbitofrontal, la corteza prefrontal medial en especial el área 10 parece estar involucrada en los procesos de retroalimentación (Knutson, Fong, Bennett, Adams, y Hommer, 2003).

En este tema es importante enfatizar la importancia de la corteza prefrontal debido a su patrón de conectividad con otras áreas tanto corticales como subcorticales (Fuster, 2002). Se ha propuesto a la corteza prefrontal como una región especializada en la modulación de los factores implícitos en la toma de decisión, como los socio-emocionales (Anderson, Bechara, Damasio, Tranel y

Damasio, 1999; Harlé y Sanfey, 2012; Chein, Albert, O'Brien, Uckert y Steinberg, 2011). La importancia de esta modulación radica en que una alteración en esta función, está asociada con alteraciones conductuales sociales y padecimientos psiquiátricos (Barbas H., 2000). La corteza prefrontal ventrolateral se ha relacionado con la sensibilidad al castigo o a la recompensa durante el aprendizaje (O'Doherty, Kringelbach, Rolls, Hornak y Andrews, 2001) como parte de la retroalimentación proveniente de la integración visceral, en la supresión de una respuesta previamente aprendida (Durston, Thomas, Worden, Yang, y Casey, 2002) en el proceso de toma de decisiones y en la modulación de respuestas dependiendo del contexto (Mitchell, 2011). La corteza prefrontal medial incluye el polo frontal o BA 10 y la región perigenual de la corteza (Amodio y Frith, 2006). Dado que envía más abundantes conexiones que las que recibe de regiones subcorticales relacionadas con el procesamiento de emociones como la amígdala y el hipotálamo y el tallo encefálico (Ghashghaei, Hilgetag, y Barbas, 2007), se podría decir que la acción que ejerce esta zona sobre las emociones es también moduladora. Esta región está relacionada con la codificación de estímulos abstractos como recompensa, especialmente el área BA 10 (O'Doherty, Kringelbach, Rolls, Hornak y Andrews, 2001), con la expectativa de las recompensas del estímulo (O'Doherty, Dayan, Friston, Critchley y Dolan, 2003), así también como en el manejo de una respuesta emocional a través de la revaloración, extinción y el aumento de la respuesta (Quirk y Gehlert, 2003). Por otro lado, la corteza prefrontal dorsolateral tiene participa en la construcción y el mantenimiento de las estrategias de revalorización de los estímulos (Ochsner, y cols., 2004), además de participar fuertemente en el control cognitivo (Miller y Cohen, 2001).

Para entender la forma en la que las bases neurales participan en la toma de decisiones, se han asociado dos grupos de procesos mentales que están implicados en la toma de decisiones con sus respectivas sistemas neurales participantes. Los procesos mentales son aquellos que son controlados y aquellos que son automáticos. En los primeros se incluyen aquellos procesos lentos, reflectivos, que requieren esfuerzo, que surgen en etapas tardías del desarrollo y

la evolución y que a veces incluyen un razonamiento declarativo basado en el lenguaje y en el razonamiento reflectivo. Por otro lado, los procesos automáticos son más rápidos, espontáneos, son compartidos con otras especies, son dominantes en etapas tempranas del desarrollo y a veces involucran a las emociones (Adolphs, 2009). Se ha postulado que estos dos procesos mentales interactúan en la toma de decisiones: en algunas ocasiones lo hacen en cooperación y en otras ocasiones en competencia, para formar nuestros juicios y nuestras decisiones (Sanfey y Chang, 2008). Con respecto a las bases neurales de ambos sistemas se ha postulado a la corteza frontopolar (BA 10) y a la corteza prefrontal dorsolateral (BA 9, 46) y la corteza parietal posterior, como las que forman el sistema de aprendizaje pausado y deliberado; y a estructuras conocidas clásicamente como límbicas, las que forman el sistema automático, como el sistema de procesamiento de recompensas (principalmente el área tegmental ventral), áreas del mesencéfalo y áreas hacia donde se conectan (como el núcleo accumbens, la corteza ventromedial, orbitofrontal, del cíngulo anterior), así como otras áreas como la amígdala y la corteza insular (Sanfey y Chang, 2008). Un ejemplo de la interacción entre estos dos sistemas se da durante una toma de decisión en la que se debe decidir si obtener una recompensa inmediata de menor valor o una recompensa de mayor valor pero no inmediata. Para demostrar esto, McClure (McClure, Laibson, Lowenstein y Cohen, 2004) evaluó a participantes mediante Resonancia Magnética funcional (IRMf) mientras ellos tomaban una serie de decisiones binarias en las cuales debían escoger o recibir cantidades de dinero con las características de “poco pero inmediato” o “más grande pero no inmediato” (esto es, obtener la ganancia 6 días después de la decisión). Los resultados fueron que cuando los participantes escogían obtener poca cantidad de dinero de manera inmediata se activaban áreas como el estriado ventral, la corteza orbitofrontal medial y la corteza prefrontal medial mientras que cuando los sujetos escogían la recompensa más grande pero no inmediata, se activaban zonas prefrontales dorsolaterales. Este hallazgo deja ver la probable participación de la CPFDL en el control ascendente – descendente para el retraso en la obtención de una

recompensa mayor no inmediata. El autor concluye afirmando que este estudio demuestra la competencia entre procesos calculados y automáticos que le facilitan al ser humano adaptarse a su medio ambiente y que este hallazgo podría ser una base para determinar las razones del por qué el ser humano puede actuar impulsivamente o bajo un razonamiento cauteloso. A la par, también la corteza frontopolar ha sido relacionada con esta función con la diferencia de que promueve una codificación futura tomando, de manera indirecta, la información obtenida del medio ambiente inmediato (Tsujimoto, Genovesio y Wise, 2011).

Como se expondrá a continuación, dentro de los factores que pueden modificar una decisión está el componente social. A continuación se expondrán algunas de las características de estas diferencias.

### **Decisiones no sociales y sociales**

Muchos trabajos en la literatura han examinado la influencia del contexto o del medio ambiente sobre la toma de decisiones, los cuales operan a múltiples niveles ya sea sensoriales, cognoscitivos, afectivos o sociales (Ernst, 2005). El aprendizaje derivado de las asociaciones entre un estímulo y una recompensa es una fuente importante de información para establecer nuestros planes de acción enfocados en una meta. De hecho, los paradigmas para evaluar la toma de decisiones individuales, se basan en el tipo de asociaciones que le dan cauce a la conducta. De tal forma que, los circuitos que sustentan los procesos de asociación también tienen impacto funcional sobre aquellos que participan en nuestras decisiones que tomamos al hacer inferencias acerca de otros (esto es, “una decisión individual, participa en una decisión social”) (Lee y Harris, 2013). De la misma forma, un sistema denominado como social tiene efecto sobre la toma de decisiones, probablemente a través del impacto de la información social inconsciente sobre procesos de control cognitivo (Prabhakaran y Gray, 2012) al adquirir información necesaria para la socialización. Esto es probablemente porque dos dominios de la cognición humana, tanto el control cognitivo como la cognición social, tienen sustento sobre la corteza prefrontal. Más a detalle, las

regiones más anteriores de la corteza prefrontal medial o área frontopolar (BA 10 ), tienen dentro de su funcionalidad la representación de procesos de la socialización como la mentalización, la autorreflexión, el autoconocimiento y son procesos altamente abstractos relacionados con las capacidades sociales humanas (Amodio y Frith, 2006) mientras que en la corteza prefrontal dorsolateral, se da la representación de operaciones concretas y específicas tomadas en el ambiente inmediato (Badre y D'Esposito, 2007). Estas regiones tienen una estrecha conectividad y son áreas relacionadas fuertemente con los mecanismos de control cognitivo de conceptos abstractos (Badre, 2008; Petrides, 2005). Así mismo, ambas regiones forman parte de un eje de procesamiento jerárquico rostro-caudal de los lóbulos frontales que, aparentemente, permite un procesamiento cada vez más abstracto (interacción jerárquica) (Christoff y Gabrieli, 2000; Petrides, 2005; Badre, 2008). De tal forma que muy probablemente, el acoplamiento funcional entre estas dos áreas, es determinante para el control cognitivo dentro de la toma de decisiones, especialmente las de tipo social.

Como se ha demostrado en estudios previos, la toma de decisiones individuales, está inmersa en la capacidad humana para vivir en sociedad. Sin embargo, el tipo de decisiones sociales, tiene sus propias características que se analizarán a continuación.

### **Toma de decisiones sociales**

Las decisiones sociales se han definido como aquéllas que afectan tanto a uno mismo como a otros y que consideran las preferencias de ambas partes (Rilling y Sanfey, 2011). Se considera como una forma compleja de toma de decisiones y es el tipo de situaciones que se presentan en la vida diaria; de tal forma que los modelos utilizados, para estudiar la toma de decisiones, deben ser un marco teórico de referencia sobre los cuales se entienda la interacción social (Sanfey, 2007).

Cualquier proceso básico de toma de decisiones se puede presentar durante una interacción, con otros sujetos. Pero esto no siempre es así. Hay

decisiones en las cuales no hay interacción social. De tal forma que esta puede ser de tipo social o no social (por ejemplo, la evaluación llevada a cabo a través del Iowa Gambling Task, se da bajo un contexto “no” social). Dentro del estudio de la toma de decisiones no sociales se ha analizado el aprendizaje, la evaluación, la retroalimentación, la recompensa monetaria fuera del contexto social (Bechara, Damasio, Tranel y Damasio, 2005), la forma en la que la presentación de un estímulo influye sobre las respuestas (De Martino, Kumaran, Seymour y Dolan, 2006), etc. Sin embargo, es la interacción con otro ser humano lo que le da esencia de social. Esto significa que la actividad cerebral se manifiesta de manera diferente cuando en la decisión está involucrada una segunda persona (o más personas), a que cuando la decisión se hace en respuesta a la acción de un objeto inanimado. Esto se manifiesta por diferencias conductuales (Rilling, Sanfey, Aronson, Nystrom y Cohen, 2004), en la actividad cerebral (Sanfey, Rilling, Aronson, Nystrom y Cohen, 2003) y en las reacciones viscerales periféricas (van 't Wout, Kahn, Sanfey, y Aleman, 2006). Se han postulado algunas características propias de la toma de decisiones sociales que postulan al individuo como único agente que cumple con este requisito (Lee y Harris, 2013):

- Los humanos son agentes con intenciones altamente flexibles que influyen y tratan de controlar el ambiente para propósitos personales; a diferencia de las computadoras, que toman decisiones en base a programaciones hechas por el ser humano.
- La dificultad en la cognición de los humanos, al no tener acceso directo a los procesos mentales que guían la conducta de otras personas.
- Los seres humanos poseen estados mentales (pensamientos y sentimientos) que guían su conducta.

Se han descrito tres etapas en el procesamiento de la información dentro de un contexto social (Adolphs, 2010): la percepción social, la cognición social y la regulación social. La percepción se refiere a la detección en el ambiente de un tipo de estímulo a través de determinada entrada sensorial, en respuesta a la cual se toma la decisión. La cognición se refiere a la consideración de las

atribuciones del otro agente, así como de la realización de inferencias que nos permiten construir una representación más enriquecida del sujeto. Un punto importante a mencionar, dentro de la toma de decisiones sociales, es que aparentemente, tanto el sistema deliberativo como el sistema automático, mencionados previamente, contribuyen a la cognición social necesaria para nuestras relaciones interpersonales, entendiendo que la cognición social incluye nuestra capacidad para hacer inferencias de nuestro medio ambiente, de nosotros mismos y de las intenciones de los demás y que como se ha mencionado previamente, tiene su principal base neural en la región más anterior de la corteza prefrontal media (Amodio y Frith, 2006; Adolphs, 2010).

### Cerebro social

Con respecto a las bases neurales de la toma de decisiones sociales, esta función comparte la mayoría de las estructuras, con las que están relacionadas con la toma de decisiones individuales, puesto que es de la toma de decisiones individuales, de donde surgen las características distintivas y singulares de un individuo para actuar en sociedad. A grandes rasgos, las de toma de decisiones individuales son: la corteza prefrontal medial, estriado, amígdala, corteza cingulada posterior, ínsula, corteza prefrontal orbital y la región más anterior de la corteza prefrontal medial (Lee y Harris, 2013). Sin embargo, hay razones para pensar que el ser humano tiene un sistema especializado en la toma de decisiones sociales por las demandas propias de las interacciones con otras personas (Adolphs, 2009). Son las que requieren:

- Rápida identificación de señales sociales (por ejemplo el reconocimiento de un rostro y su disposición hacia nosotros).
- Amplia integración de la memoria (para reconocer, por ejemplo, amigos y enemigos en base a hechos pasados).
- Anticipación de la conducta de otros en cooperatividad o en competencia.
- Generación de evaluaciones y normas (para dar funcionalidad a la sociedad).

De manera particular la toma de decisiones sociales está sustentada por algunas estructuras que son básicamente las que conforman la red neuronal encargada de la percepción de las personas llamado “cerebro social”. En el cerebro social se han incluido estructuras como a la amígdala, la corteza orbitofrontal y los polos temporales, la corteza prefrontal ventromedial y surco temporal superior, unión temporo- parietal, corteza cingulada anterior pregenual, amígdala, ínsula, giro fusiforme de la corteza temporal, precuneus, cíngulo posterior y corteza parietal inferior(Frith y Frith, 2001). Estas redes de la percepción social permiten al individuo llevar a cabo una adecuada dinámica social dada su capacidad de hacer inferencias acerca de otras personas. Las teorías de la psicología social sugieren que las predicciones de la conducta de las personas ocurren cuando una persona ve a otra y aprende acerca de las conductas pasadas mientras que, a la par, se toma en cuenta el contexto social (Lee, 2013). Hay estudios que demuestran que esto sucede en los primeros 100 ms de presentación de un rostro, por ejemplo, no familiar a una persona y que esto basta para hacer una inferencia sobre la imagen presentada (Willis y Todorov, 2006).

Una de las herramientas de la cognición social implicada en la toma de decisiones sociales, es la teoría de la mente la cual se define como la habilidad cognitiva que permite al ser humano atribuir estados mentales, como deseos, intenciones en uno mismo y en otro (Frith y Frith, 2003), lo cual tiene un impacto importante en las interacciones sociales. Tanto la corteza prefrontal medial anterior (BA 10) como los polos temporales son considerados como regiones que participan fuertemente en esta habilidad mental (Frith y Frith, 2003; Blakemore, 2008). Se ha demostrado que la activación de la corteza prefrontal medial anterior (BA 10) durante ejercicios de mentalización se da principalmente en adolescentes, en comparación con los grupos formados por adultos, lo cual pudiera estar reflejando una conducta denominada “orientada hacia uno mismo”, al relacionarlo con los resultados conductuales (van den Bos y cols, 2011). Este patrón de actividad cambia con la edad puesto que con mayor edad, las decisiones se inclinan a considerar las intenciones y los pensamientos de los demás(Güroglu, van den Bos y Crone, 2009). Esta dinámica en la orientación de

las consideraciones requiere la habilidad de considerar los pensamientos y las intenciones de otras personas, lo cual se ha encontrado que presenta una etapa importante de desarrollo entre los 12 y los 16 años, muy probablemente relacionado con los cambios anatómico-funcionales tanto de la región anterior prefrontal (BA 10) como de las regiones temporales anteriores (Blakemore y cols, 2007). Por lo tanto, es probable que estas dos regiones presenten un acoplamiento funcional durante una tarea en donde se utilicen habilidades de mentalización para inferir intenciones de los demás ante interacciones sociales. Moll al profundizar acerca del circuito moral que le da tendencia a la decisión y que puede participar en las interacciones sociales, encontró que estas mismas estructuras, la corteza prefrontal anterior incluyendo a la frontopolar (BA 10) y los polos temporales junto con regiones como la corteza orbitofrontal (BA 10, 11, 25) (Moll, Zahn, de Oliveira-Souza, Krueger y Grafman, 2005) son estructuras que “combinan” información buscando un objetivo a largo plazo, bajo una semántica social buscando maximizar los resultados de un objetivo.

Se ha demostrado que las habilidades sociales sufren cambios con respecto a la edad, lo cual hace que el desempeño conductual sea diferente con respecto a la edad y que pudiera verse modificado por la institucionalización prolongada.

### **Desarrollo de habilidades sociales**

La habilidad para socializar es un proceso lento y prolongado que abarca las diferentes etapas de vida. Muchas de las habilidades sociales emergen después del nacimiento, pero es claro que continúan cambiando y perfeccionándose durante la niñez, la adolescencia y hasta la adultez (Happé y Frith, 2014). Algunos autores han logrado caracterizar la ontogenia de las habilidades sociales desde el nacimiento. Desde el nacimiento se observa tanto la detección de agentes sociales como la capacidad de afiliación mutua (Happé y Frith, 2014); a los tres meses, se presenta el desarrollo de la reciprocidad social y aumento en la interacción “uno a uno” con las personas (Walle y Campos, 2012). También se ha observado que entre los 6 y los 18 meses, se expresa la conducta afiliativa

más perfeccionada a manera de juegos con adultos, así como indicios de expresión de la mentalización (Baillargeon, Scott, y He, 2010), además de presentar actitudes de cautela ante extraños y presencia de estrés por separación de los padres o los cuidadores (Happé y Frith, 2014). En este punto es importante mencionar que sorprendentemente, le falta de cuidados parentales tiene pocas repercusiones, en los primeros 6 meses de vida. La presencia de la institucionalización posterior a esta edad, predice el estado de apego y los desordenes de internalización y externalización (O'Connor, Rutter, Beckett, Keaveney, Kreppner, y the English and Romanian Adoptees Study Team, 2000). Entre los 18 y los 36 meses se presenta un avance importante en la adquisición del lenguaje aprendido junto con las intenciones del adulto emisor, se presentan abundantes conductas cooperativas y las muestras de aprendizaje social a través de señales (Happé y Frith, 2014). Entre los 3 y los 5 años se presenta la habilidad de atribuir estados mentales dentro de situaciones sociales en contextos morales (Vaish, Carpenter, y Tomasello, 2010).

Otra de las habilidades que presenta un cambio con los años es el control cognitivo. Como toda función ejecutiva, presenta modificaciones con respecto a la edad, derivado de los mismos cambios anatómico funcionales, principalmente del sistema nervioso humano, presentes durante el desarrollo. El proceso de adquirir la madurez suficiente para ser en la vida adulta un miembro productivo y funcional dentro de la sociedad, requiere que el control cognitivo establezca un balance funcional de los procesos ejecutivos básicos en situaciones que requieran habilidades socio-cognitivas y socio-emocionales, para conseguir metas a largo plazo "de adultos" (Croney y Dahl, 2012). Existen estudios que han demostrado que específicamente durante la adolescencia, se presenta una mayor variabilidad en los procesos de control cognitivo, principalmente cuando son influenciados por la importancia motivacional del contexto (Chein y cols., 2009). Estas modificaciones tienen un impacto sobre la orientación de las decisiones sociales.

Así mismo, en la toma de decisiones con un contenido social están consideradas en un mayor o menor grado, la perspectiva de otros y la individual.

Esto pudiera llevar a tener un enfoque hacia los demás o hacia uno mismo durante el proceso de la decisión. Se ha demostrado que la orientación del enfoque presenta modificaciones graduales, pasando de uno dirigido hacia uno mismo en etapas tempranas de la adolescencia, a uno dirigido a tomar en cuenta a las demás personas (van den Bos y cols., 2011). De tal forma que la capacidad de tomar una perspectiva personal, incluyendo la evaluación de los estados mentales de uno mismo, y la habilidad para tomar la perspectiva de las emociones y los estados mentales de otros, se desarrolla gradualmente con la edad; lo cual lleva al adolescente a tomar en cuenta tanto los puntos de vista como las intenciones de los demás.

Basada en la idea de que la corteza prefrontal interviene en la capacidad de tomar diferentes perspectivas de una situación, Choudhury, Blakemore y Charman (2006) evaluaron la capacidad de los adolescentes de tomar la perspectiva de otras personas en la toma de decisiones dentro de un contexto social. Ellos evaluaron conductualmente a 30 preadolescentes (12 varones, edad media 8.6 años,  $DE=0.46$ ), 10 adolescentes (19 varones, edad media 12.8 años,  $DE=1.2$ ) y 37 adultos (19 varones, edad media 24 años,  $DE 4.05$ ). La evaluación consistió en emitir una respuesta acerca de cómo se sentían ellos (1a persona o 1p) y cómo se sentía el protagonista (3a persona o 3P) en diferentes escenarios que involucraban diferentes situaciones emocionales. Los participantes debían escoger diversos rostros que representaban la emoción que estaban presentando. Se encontró que en el grupo de los adultos no hubo diferencias en el tiempo de reacción entre las condiciones de 1p y 3p y esta respuesta se relacionó a un probable mayor desarrollo de la corteza prefrontal y de las conexiones que tiene con regiones posteriores, mientras que en el grupo de los preadolescentes se presentó una mayor diferencia en los tiempos de reacción, entre las condiciones 1p y 3p por una probable falta de desarrollo de estas regiones. La autora concluye que estos resultados se deben, probablemente, a un procesamiento ineficiente resultado de la inmadurez de los mecanismos cognitivos al tomar la perspectiva de otras personas.

Como se mencionó previamente la conducta social u “orientada hacia otros” se modifica con la edad, encontrándose que los adolescentes se encuentran más propensos a la toma de decisiones riesgosas o emocionales, probablemente por la búsqueda de una potencial recompensa de sus pares, causado por una falta de desarrollo de circuitos de control cognitivo y eso tiene un reflejo en la toma de decisiones. En un estudio realizado por Chein y cols., (2011) se buscó evaluar la influencia de los pares en la toma de decisiones en un grupo de 14 adolescentes (8 mujeres, rango de 14 a 18 años, media de 15.7, DE:1.5), 14 adultos jóvenes (7 mujeres, rango 19 a 22 años, media de 20.6, DE: 0.9 años) y 12 adultos (6 mujeres, rango 24 a 29 años, media de 25.6, DE:1.9). A través de la Imagen por Resonancia Magnética evaluaron la actividad cerebral mientras los participantes realizaban la tarea de la Luz Roja (Stoplight task). Los participantes acudían al estudio acompañados por dos amigos cercanos de la misma edad. El participante se colocaba en el scanner mientras que a los amigos los colocaban en un cuarto aledaño. Cada participante realizaba una tarea en la que fungía como conductor de un automóvil y debía recorrer una carretera en el menor tiempo posible, a través de una representación en video. En la carretera (4 ensayos) había 20 intersecciones cada una con un semáforo y cada intersección con una probabilidad de chocar el automóvil con otro que cruzaba la intersección. El participante debía decidir si intentar pasar (con riesgo de chocar) o no. El librar al otro automóvil conllevaría tiempo de retraso (aunque mayor riesgo), el esperar a que el otro automóvil cruzara requeriría 3 segundos de retraso (sin riesgo de chocar) y el intentar cruzar e impactarse con el otro automóvil conllevaría 6 segundos de retraso. La tarea fue estimulada con una cantidad de dinero para quienes realizaran el trayecto en menos tiempo. Una notación importante a mencionar es que en algunos de los ensayos, súbitamente se les informaba a los participantes que sus compañeros podrían ver el mismo video que ellos estarían respondiendo. Conductualmente, los tres grupos tuvieron los mismos resultados mientras sus respuestas no eran observadas por sus compañeros. Sólo el grupo de los adolescentes fue sensible a la presión social cuando los ensayos eran observados por sus compañeros,

aumentando significativamente el número de respuestas en donde decidían intentar cruzar la intersección con riesgo de chocar y aumentando el número de choques. En el análisis de la imagen cerebral obtenida se encontró que los participantes de mayor edad presentaron una actividad más regular, tanto para la decisión de avanzar y de no avanzar, en la corteza prefrontal lateral izquierda, con o sin contexto social. El grupo de menor edad presentó una mayor activación de regiones temporales, orbitofrontales y subcorticales (estriado ventral) ante la presión social. La autora concluye que con la edad, probablemente haya un cambio en la estrategia en la toma de decisiones y que los de mayor edad tienen mayor capacidad, en comparación con los adolescentes, de utilizar recursos de la corteza prefrontal lateral, para anular respuestas relacionadas con la búsqueda de recompensas (Chugani, Behen, Muzik, Juhász, Nagy y Chugani, 2001; Steinberg, 2008, Harlé y Sanfey, 2012). El autor propone que hay mayor sensibilidad en los adolescentes a la influencia de los pares que produce que se presente una menor actividad en los sistemas de control cognitivo.

Son muy pocos los estudios que se han realizado en población de adolescentes buscando conocer la actividad cerebral durante una situación de interacción social. Harlé y Sanfey (2012), evaluaron a 18 jóvenes adultos, (10 mujeres, edades=18-27, M=22.4) y a 20 adultos mayores (13 mujeres, edades=55-78, M=64.1). A cada participante se le tomaba una fotografía y se le indicaba que realizara a priori, una serie de propuestas de cómo dividir 10 pesos. Al finalizar el estudio, se les solicitaba su permiso para presentarle a otros participantes sus fotografías y sus propuestas a participantes subsecuentes en el estudio. El autor caracterizó el desempeño de estos participantes en una tarea de negociación económica (Ultimatum Game), y encontró que las áreas cerebrales activadas, tenían relación al tipo de respuesta que presentaban los participantes ante propuestas injustas. Se encontró que los adultos mayores presentaron una mayor actividad de regiones prefrontales dorsolaterales ante propuestas injustas aceptadas y una mayor actividad en regiones insulares ante las mismas propuestas injustas en el grupo de los jóvenes, demostrando que

conforme se va desarrollando el cerebro, hay una diferencia en la activación de las estructuras neurales que sustentan una decisión, reflejando esta diferencia una probable mayor capacidad de manejo de reacciones inmediatas e instantáneas, por parte de la corteza prefrontal (Sanfey y Chang, 2008). Este autor explica esta activación de la prefrontal como un resultado de la búsqueda del mantenimiento del objetivo principal que era el de acumular la mayor cantidad de dinero posible aún enfrentando una propuesta injusta, anulando así una respuesta automática y visceral como resultado de la percepción de una injusticia dirigida hacia el que responde, colocando a la corteza prefrontal como parte importante de un sistema de control cognitivo necesario para la obtención de metas a largo plazo a pesar de las interferencias (Koechlin, Ody y Kouneiher, 2003). Cualidad evidentemente aún no plenamente desarrollada, en este caso, por los adolescentes.

### **Toma de decisiones durante la adolescencia**

La adolescencia se define por las Naciones Unidas como la edad comprendida entre los 10 y los 19 años (United Nations Children's Foundation, 2012). Es el período transicional entre la niñez tardía y el inicio de la adultez (Choudhury, Blakemore y Charman, 2006). Es una etapa caracterizada por la transición de la niñez a la adultez en la que hay un cambio dramático en la identidad, autoconciencia y la flexibilidad cognitiva. La UNICEF divide a esta etapa en tres grupos de edad: de 10 a 13 años conocida como adolescencia temprana, de 14 a 16 años conocida como adolescencia media y de 17 a 19 años, conocida como adolescencia tardía (United Nations Children's Foundation, 2012). En el último reporte se estimó que hay cerca de 1.2 billones de adolescentes alrededor del mundo (United Nations Children's Foundation, 2012).

La toma de decisiones durante la adolescencia puede considerarse en ocasiones riesgosa, principalmente durante los primeros años, lo cual probablemente se deba a cambios en el sistema cognoscitivo y socio emocional lo que conlleva una búsqueda constante de recompensas especialmente en presencia de sus pares. Con respecto al desarrollo de la capacidad de toma de

decisiones es necesario comentar que durante la adolescencia el proceso de razonamiento y la toma de decisiones no son un simple reflejo del desarrollo de habilidades cognitivas, sino también un reflejo de su situación emocional, social y física (Steinberg, 2008). Se ha comprobado que la etapa de la adolescencia es un período en la vida en la cual hay un aumento de amenazas que ponen en riesgo el bienestar de los jóvenes. Se piensa que esto se debe a dos factores: las estructuras cerebrales relacionadas con la regulación de la conducta y las emociones y las de la percepción y la evaluación del riesgo, se encuentran bajo un constante cambio y, por otro lado; los cambios de las estructuras relacionadas con la motivación preceden al desarrollo de las estructuras relacionadas con las estrategias regulatorias, lo cual conlleva a un desfase entre su capacidad afectiva y su habilidad para regular la conducta (Steinberg, 2005). Durante la adolescencia, la mayor causa de mortalidad y morbilidad en todo el mundo son las lesiones y las enfermedades neuropsiquiátricas; los adolescentes, entre los 13 y los 15 años inician frecuentemente el consumo de tabaco, alcohol y de sustancias ilícitas, inician con una vida sexual activa, lo cual los pone en riesgo de contraer enfermedades de transmisión sexual como el SIDA, son víctimas de abusos físicos por parte de sus pares y son víctimas de homicidios por diversas causas (UNICEF, 2012), por lo que se piensa que tienen mayor riesgo de tomar decisiones riesgosas.

Se ha demostrado que, conforme a la edad, se producen cambios cerebrales que pudieran estar reflejando las diferentes estrategias en la toma de decisiones y se ha considerado a la corteza prefrontal como un área importante en esta capacidad (Blakemore y cols., 2007). La especialización que presentan las conexiones de esta área cortical, durante su desarrollo ontogénico, son de vital importancia para el perfeccionamiento de las funciones cognitivas de alto orden y esta especialización continúa hasta la adultez (Bava, Thayer, Jacobus, Ward, Jernigan y Tapert, 2010); por lo que es razonable considerar que el desarrollo continuo que presentan las redes corticales posterior a la adolescencia, sustentan el desarrollo de funciones cognitivas de alto grado de integración de información (Fuster, 2002), como la toma de decisiones. Sin

embargo, es entre la adolescencia y la adultez temprana que se produce una disminución de la toma de decisiones riesgosas debido a un cambio importante en el sistema de control cognitivo, en el cual participan fuertemente la corteza prefrontal y sus conexiones, lo que mejora la capacidad individual de autorregulación (Steinberg, 2008). Por lo que en los años previos a estas etapas, existe una vulnerabilidad marcada a factores tanto internos como externos que afectan de manera importante una decisión.

A continuación se explicará el Ultimatum Game, el cuál es una forma muy utilizada por la neurociencia para evaluar la toma de decisiones sociales y que pudiera ser una herramienta muy fácilmente aplicable a población institucionlizada.

### Ultimatum Game

El Ultimatum Game es un juego que fue diseñado por Güth, Schmittberger y Schwarze (Güth, Schmittberger y Schwarze, 1982), con la finalidad de investigar la conducta de la negociación entre dos personas, diseñado para que uno de los participantes sea el que tome las decisiones y que al final exista un resultado único. El Ultimatum Game se basa en la Teoría del Juego (Game Theory) la cual busca encontrar las estrategias convergentes de un grupo de personas durante una toma de decisión, lo cual permite (o no) maximizar su propios resultados (von Neumann y Morgensten, 1944). En este juego, dos participantes deben de dividir una cantidad de dinero. Un participante, que tiene la función de sugerir la división, propone una división del dinero al participante que realiza el papel del que contesta la propuesta. La proporción de la división puede ser justa (5:5) o injusta (9:1, 8:2, 7:3, 6:4). Si el que responde, rechaza la oferta, ni el que propone ni el que responde obtienen alguna cantidad de dinero, pero si el que responde acepta la propuesta, se lleva a cabo la división del dinero de la manera expuesta y la cantidad se va sumando por cada ensayo aceptado (Rilling y Sanfey, 2011). Las divisiones que son menos favorables para el que responde, normalmente son rechazadas por éste (Rotemberg, 2008), sin embargo, la predicción teórica del juego indica que, para el que responde, cualquier cantidad

es mejor que nada, manteniendo en mente la finalidad de conseguir la mayor cantidad de dinero al final del juego (Rilling, Sanfey, Aronson, Nystrom y Cohen, 2004), de tal forma que el que propone podría hacer la propuesta que más le beneficiara a él y no necesariamente al que responde (Sanfey, Rilling, Aronson, Nystrom y Cohen, 2003). Este tipo de acciones normalmente producen, como se mencionaba antes, un rechazo a las propuestas injustas, como resultado de una respuesta de enojo, de tal forma que estas reacciones negativas pueden llevar a las personas a sacrificar una cantidad de dinero, para castigar el desaire de la propuesta, de tal forma que el que responde debe de mantener en mente el interés, más utilitario para sí mismo que es el de conseguir la mayor cantidad de dinero y debe anular las reacciones negativas para conseguir esta meta a largo plazo (Sanfey, Rilling, Aronson, Nystrom y Cohen, 2003). Se ha descrito que en este juego los participantes aceptan todas las propuestas justas con una disminución gradual de la tasa de aceptación, conforme las propuestas se hacen menos justas. Esto es, para las propuestas 7:3, 8:2 y 9:1, se han obtenido tasas de respuestas del 61%, 47% y 5%, respectivamente (Rilling, Sanfey, Aronson, Nystrom y Cohen, 2004). Así mismo, se ha propuesto que en los ensayos injustos rechazados en esta misma prueba, se deben a una decisión de auto recompensa personal al castigar a la otra persona por una ofensa implícita en la injusticia, dejándola, al igual que el que responde, sin dinero. Esto produce una disminución en las ganancias económicas, por muy poco que sean estas o, desde otra perspectiva, este mismo rechazo se hace buscando resultados “a largo plazo” al tratar de enseñar al oponente a no ser injusto (Lee, 2008). Con respecto a las respuestas, se ha considerado que las motivaciones en la emisión de éstas se hace en base a una retroalimentación proveniente de la propuesta hecha por el que propone en el ensayo previo (Lee, 2013).

Investigando la toma de decisiones sociales, a través de la evaluación de conceptos básicos para el mantenimiento de la cohesión social como la justicia Knoch y cols., (2006) quisieron probar a través del Ultimatum Game dos hipótesis acerca del papel de la corteza prefrontal en la toma de decisiones: ya sea en el control cognitivo de impulsos generados por ofertas injustas o en la

anulación de impulsos egoístas. El autor aplicó a 52 participantes estimulación magnética transcraneal aplicada a la corteza prefrontal dorsolateral (a 19 participantes en CPF DL derecha, a 17 participantes en CPF DL izquierda y a 16 en CPF DL izquierda o derecha), lo cual produciría una hipoactivación de esta zona, para determinar cuál de estas dos probables hipótesis es la más factible funcionalmente hablando. Acorde a la primera postura, la estimulación magnética produciría una disminución en la actividad de la CPF DL y por lo tanto una disminución en la tasa de aceptación de las propuestas injustas (más rechazos), al disminuir la inhibición de impulsos que busquen igualdad y acorde a la segunda la estimulación produciría un aumento en la tasa de aceptación (menos rechazos) de propuestas injustas al disminuir impulsos egoístas. Los resultados demostraron un aumento en la tasa de aceptación a propuestas injustas al aplicar la estimulación en CPF DL derecha lo cual producía en los participantes un patrón conductual marcado por una menor voluntad, en el deseo de rechazar los ofrecimientos injustos que hace de manera intencional otro participante, aunque los participantes permanecían, afirmando, a través de encuestas posteriores al juego, que las propuestas eran totalmente injustas. La autora sugiere que la corteza prefrontal tiene un control ejecutivo que permite superar las respuestas enfocadas a la auto satisfacción egoísta y concluye mencionando que la corteza prefrontal es un área que juega un papel importante en la implementación de conductas enfocadas en conceptos de justicia.

Este juego también se ha utilizado para evaluar la forma en la que los estados afectivos influyen en las decisiones. Para demostrar esto, también Van't Wout (2006), midió la conductancia de la piel (que es un reflejo del tono simpático como resultado de la activación del sistema de alertamiento, que se presenta durante la ejecución de este juego), para conocer si había alguna relación entre esta medida y el rechazo de respuestas injustas. Evaluó a 30 (12 hombres, edad media: 21.25 años, E.S.:1.86 años) estudiantes universitarios con el Ultimatum Game, en los cuales ellos debían competir, a través de una computadora, contra otra persona en una primera fase y posteriormente contra un software que emulaba la acción de una persona. Demostró que la

conductancia de la piel aumentó más durante las propuestas injustas rechazadas que durante las propuestas justas aceptadas, lo cual también producía una respuesta negativa emocional (placer), además, encontró una mayor conductancia, cuando el juego se realizaba contra una persona que cuando se realizaba contra una computadora, concluyendo que las reacciones viscerales tienen parte en la toma de decisiones diarias (van 't Wout, Kahn, Sanfey y Aleman, 2006). Se ha explicado que el enojo, es una de estas reacciones automáticas que presentan los jugadores al ser expuestos a una injusticia, como cuando un participante se encuentra con que, el que propone la división del dinero es menos altruista de lo que él mismo consideraría aceptable y obtiene placer al rechazar la oferta, lo cual significaría que el que propone no obtendría ninguna cantidad de dinero, castigando así el egoísmo ajeno (Rotemberg, 2008). Este estudio también demuestra que este juego es útil para conocer el efecto del factor social en la toma de decisiones sociales.

Así mismo, se ha utilizado también para evaluar la teoría de la mente humana mientras dos personas interactúan. La teoría de la mente es la capacidad de hacer inferencias en los estados mentales de otros (Frith y Frith, 2003), lo cual es esencial para la socialización. Yun, Chung y Jeong (2008) aludiendo que esta capacidad pudiese manifestarse durante la ejecución del Ultimatum Game al realizarlo interactivamente con otro participante, evaluaron a 26 participantes (13 parejas: uno participando como el que propone y uno como el que responde), utilizando el registro de la actividad EEG. Los participantes realizaron el juego en un ensayo único y posteriormente en ensayos seriados. Encontró que en los ensayos seriados, hubo una menor tasa de aceptación que en los ensayos únicos, aludiendo el autor a una diferencia más estratégica frente a ensayos múltiples. Para el registro EEG, evaluaron las oscilaciones entre el cerebro del participante que proponía las ofertas y el que respondía a través de un hyperscanning EEG. En el registro EEG encontró una oscilación en las bandas beta y gamma en regiones fronto centrales derechas al momento de hacer la propuesta y al momento de responder la propuesta en ambos

participantes, concluyendo el autor que la región frontocentral derecha participa fuertemente en la teoría de la mente para propiciar una interacción social.

Para finalizar, es necesario mencionar que se han descrito otros factores que intervienen en la decisiones de los participantes para aceptar o rechazar las propuestas como por ejemplo: participar contra un oponente de la misma edad o no (Murnighan y Saxon, 1998); si se juega por un sólo ensayo o ensayos sucesivos (Yun, Chung y Jeong, 2008); lesiones en regiones frontales anteriores en la corteza ventromedial (Koenings y Tranel, 2007); si el participante mantiene en mente planes para el futuro (Kirk, Gollwitzer y Carnevale, 2011); forma de darle el dinero (completo o por porcentajes (Croson, 1996), o inclusive, si tienen menos dinero en la bolsa al momento de jugar (Straub y Murnighan, 1995).

Como se ha descrito, el Ultimatum Game es un excelente juego para evaluar la toma de decisiones sociales, sin embargo, en la adolescencia se presentan cambios anaómicos y funcionales que requieren una explicación más detallada de los factores implícitos al momento de tomar una decisión.

Como se mencionó con el desarrollo existen cambios estructurales en regiones cerebrales que participan en la toma de decisiones sociales. A continuación se presentarán de manera específica algunas regiones relacionadas con la toma de decisiones sociales como la corteza frontopolar y el polo temporal, así como la corteza prefrontal dorsolateral, relacionada con el control cognitivo también inmerso en situaciones socio-emocionales.

## **Regiones que participan en la toma de decisiones sociales**

### **Corteza prefrontal dorsolateral (BA 46)**

Uno de los primeros en delimitar a la corteza prefrontal (CPF) fue Brodmann, quien la definió como el “área prefrontalis”, que correspondía al 29% del total de la corteza cerebral humana (Brodmann, 1912) (Figura 1). Esta característica de una mayor proporción con relación el resto de la corteza que en otros animales, sugiere que contribuye a las capacidades cognitivas que distinguen al humano de otras especies (Fuster, 2002).

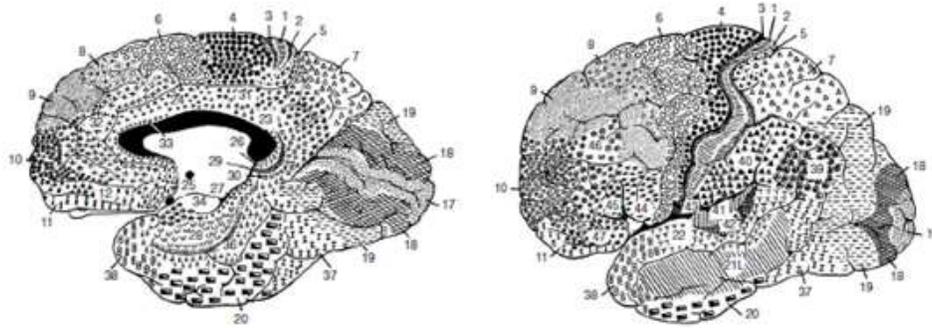


Figura 1. Divisiones de la corteza cerebral humana (tomado de Brodmann, 1909)

La corteza prefrontal (CPF) es la corteza de asociación del lóbulo frontal y es la parte más frontal de este (Fuster, 2002). Según su conectividad, se puede definir como la parte de la corteza cerebral que recibe proyecciones del núcleo medio dorsal del tálamo (Fuster, 2008).

Se divide en tres grandes divisiones: lateral, media y orbital. (Fuster, 2008). La corteza prefrontal orbital constituye las áreas 11 y 13 de Brodmann y está relacionada con el sistema límbico, la regulación de las emociones y del comportamiento social de las personas (Petrides, 2005). La corteza prefrontal medial/cingulada corresponde a las áreas de Brodmann 8, 10, 12, 24 y 32. Al estar asociada al sistema límbico, está implicado en el control de emociones y en el sistema autonómico (Fuster, 2008). También está relacionada con la inhibición, la atención y la detección y solución de conflictos. La corteza prefrontal lateral (CPFL) es la corteza de la convexidad lateral del lóbulo frontal y abarca las áreas 8, 9, 10 y 46 de Brodmann (Fuster, 2008). Más específicamente, la CPF Lateral se divide en dos regiones: Dorsal (CPF DL) y Ventral (CPF VL) (Petrides, 2005). La corteza prefrontal dorsolateral, abarca, según (Yeterian, Pandya, Tomaiuolo y Petrides, 2012), las áreas 9, 46 de Brodmann e incluyen la parte media del giro frontal medio y superior, respectivamente (Petrides, 2005).

Con respecto a la conectividad con regiones fuera de la prefrontal, Específicamente, la conectividad de la región dorsolateral, con estructuras fuera de la región frontal, está marcada por un principio general el cual indica que sus conexiones tienen carácter recíproco, enviando proyecciones a las estructuras de las cuales recibe información (Fuster, 2008). Esta región recibe proyecciones

de manera directa e indirecta con distintas estructuras que le permiten participar en distintas tareas y en la organización de los movimientos coordinados (Fuster, 2008). Para cumplir con sus funciones motoras, recibe proyecciones de manera directa del cerebelo (Kelly y Strick, 2003), la corteza premotora (Barbas y Pandya, 1987) y del del tálamo (Nauta, 1974) y de manera indirecta, a través del tálamo, de la sustancia nigra, ganglios basales y cerebelo (Middleton y Strick, 2002) y de la corteza motora primaria, a través de la corteza premotora (Barbas y Pandya, 1987). Así mismo envía proyecciones hacia el tálamo para enviar proyecciones indirectas hacia la corteza motora primaria y la premotora (Barbas, 2000) y hacia los ganglios basales de manera directa y a través de la corteza premotora (Fuster, 2008). Este sistema motor interactúa con otro sistema relacionado con el procesamiento de las emociones, que está fuertemente dominado por la corteza orbitofrontal (Fuster, 2008). Dentro de este sistema, recibe proyecciones vía indirecta, a través de la corteza orbitofrontal, del hipotálamo, de estructuras del lóbulo temporal como la amígdala (Nauta, 1974), de la corteza posterior de asociación y del tálamo (de manera recíproca), de la corteza temporal superior (Barbas, 2000) y del hipocampo a través de la corteza cingulada y envía proyecciones hacia el hipocampo y lóbulo temporal (Fuster, 2008). También recibe información del surco temporal superior de donde recibe información de áreas de asociación visual (además de ser enviada por el surco principal), auditiva y somatosensorial (Cavada y cols., 2000) (Figura 2).

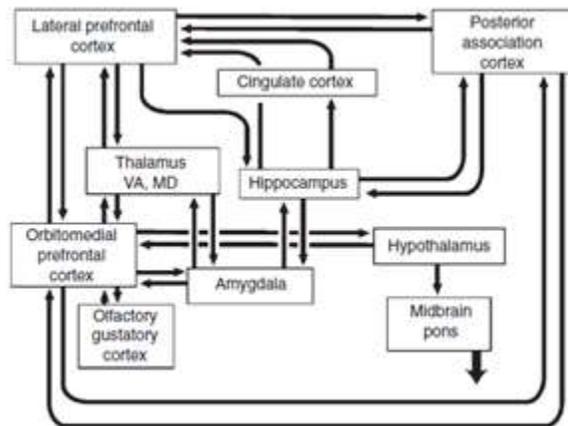


Figura 2. Conexiones recíprocas de la corteza prefrontal lateral (tomado de Fuster, 2008)

Con respecto a la conectividad de la CPFDL dentro de la CPF, el área dorsolateral-medial 9/46d envía proyecciones a áreas 9, 46 y 10; y caudalmente hacia regiones 8 y 6, y hacia regiones mediales o área 24. De la región 9/46v, rostralmente se proyecta al área 46 y 10, caudalmente hacia regiones 8Av, 44, 45b y 6v y hacia regiones orbitofrontales 11 y 13 (Barbas y Pandya, 1989). Petrides (2005), basado en observaciones anatómicas de cerebros de primates, propone que la conexión entre el área prefrontal dorsolateral (BA 46), con la región frontopolar (BA 10), pudiese ser el sustrato anatómico, junto con la región del surco temporal superior para un hipermonitoreo de funciones y que tal control de procesamiento, tendría un nivel de control cognitivo muy abstracto, que sería crítico para tareas simultáneas múltiples y de planeación de alto nivel (Petrides, 2005). Esto probablemente sea, dadas las conexiones que tiene la porción dorsolateral prefrontal con regiones hipocampales/parahipocampales a través de la región cingulada, lo que le permite participar importantemente en la memoria de trabajo y a la privilegiada posición de la región frontopolar para monitorear las acciones de la dorsolateral, puesto que sus características anatómicas, como de una apariencia celular escasa, un adecuado desarrollo de su lámina IV y un tamaño pequeño o mediano de sus células piramidales (Petrides y Pandya, 1999), la hace propicia para estas funciones (Petrides, 2005).

Se ha propuesto que la corteza prefrontal dorsolateral tiene participación en la toma de decisiones individuales, en la que está involucrada una interacción entre procesos automáticos o controlados. Greene y Paxton (2009) evaluaron la capacidad de las personas de actuar honestamente cuando se les presentaban oportunidades para obtener ganancias deshonestas, buscando hacer la comparación de actividad cerebral ante procesos controlados y automáticos. El clasificó a 35 participantes (18 mujeres, 17 hombres, rango de 18 a 58 años, edad media de 24 años) en tres grupos: honestos, deshonestos o ambiguos y les presentó un programa computarizado de “cara o cruz”. Un grupo de participantes debían anticipar sus respuestas desde antes de empezar los ensayos (a priori) y un grupo debía hacer un auto reporte de sus resultados (a

posteriori), con la oportunidad implícita de hacer trampa en sus reportes. En los participantes honestos no se encontraron diferencias en la actividad prefrontal cuando se comparó la condición control (decisión a priori) y las abstenciones de no mentir en las respuestas. En contraste, los sujetos deshonestos tuvieron una mayor activación de la corteza prefrontal (dorsolateral, ventromedial, frontopolar, cíngulo medio) en comparación con su línea base cuando anticiparon sus respuestas, cuando decidieron no actuar deshonestamente, además de que se presentó un aumento del tiempo de reacción. El autor concluye con esto que los participantes deshonestos presentaron una mayor actividad en regiones relacionadas con el control cognitivo, como la corteza prefrontal dorsolateral, necesaria para inhibir respuestas inmediatas y automáticas, para alcanzar un fin determinado.

Concretamente, la CPF DL participa en la toma de decisiones sociales a través del mantenimiento de metas a largo plazo. Sanfey (2003) analizó la participación de la CPF DL en la toma de decisiones en el Ultimatum Game. Evaluó a 11 mujeres y 8 hombres (edad promedio 21.8 años), con la premisa de que debían aceptar o rechazar las propuestas considerando que cualquier cantidad de dinero es mayor que cero y con el antecedente de que en auto reportes se ha reportado que a mayor injusticia en las ofertas, mayor es la reacción de enojo. Ellos jugaron 10 ensayos con 10 contrincantes con los cuales habían sido presentados previamente, 10 ensayos contra la computadora y 10 ensayos en los que sólo debían apretar un botón cualquiera para recibir una cantidad de dinero. La mitad de los ensayos eran justos (5:5) y la mitad eran injustos (9:1, 8:2, 7:3). Conductualmente se encontró que las propuestas injustas realizadas por los contrincantes fueron más frecuentemente rechazadas. A través de la Imagen por Resonancia Magnética se encontró una mayor activación de la ínsula anterior cuando se presentaron las propuestas injustas y este patrón se relacionó con un mayor número de propuestas injustas rechazadas, mientras que también se encontró una activación de la CPF DL ante propuestas injustas, pero se encontró un aumento de la correlación entre este patrón y las propuestas injustas aceptadas. El autor concluye afirmando que la

actividad de la CPF DL en este juego de interacción social pudiera reflejar una capacidad de mantener en mente una meta que es el maximizar una cantidad de dinero acumulada bajo una situación estresante relacionada con el enojo como es el sufrir una injusticia o como una capacidad de auto regulación en el manejo de las impresiones ante la interacción con otra persona (Prabhakaran y Gray, 2012).

Esta función de la CPFDL dentro de la interacción social fue confirmada por van't Wout y cols., (2005) quien evaluaron a siete estudiantes (24 años, 19 – 31 rango), mientras realizaban este juego, sin embargo, a un grupo les aplicó estimulación magnética transcraneal (EMT) en la región dorsolateral de la prefrontal y a otros estimulación magnética en la misma zona, sin los mismos efectos, a manera de placebo. Encontró que los pacientes a los que se les aplicó EMT, presentaron una mayor aceptación de propuestas injustas y un menor tiempo de reacción, lo cual según el autor pudiera implicar una toma de decisiones más estratégica (van't Wout, Kahn, Sanfey y Aleman, 2005). El autor atribuye el cambio conductual a que la respuesta “por defecto” es el rechazo de propuestas inustas y si la CPFDL guía la conducta dirigida a una meta a través de la optimización de estrategias, la interferencia neural a través de la estimulación puede estar causando una interferencia conductual de la estrategia por defecto, esto es escoger rechazar las propuestas injustas. Una probable participación de áreas relacionadas con el mantenimiento a largo plazo de metas y con el control cognitivo, como la corteza prefrontal dorsolateral, para superar una fuerte tendencia emocional para rechazar una oferta injusta y así al mantener en mente el objetivo de conseguir algo de dinero (que es mejor que nada) (Sanfey, Rilling, Aronson, Nystrom y Cohen, 2003).

De tal forma que se podría considerar a la corteza prefrontal dorsolateral como una pieza importante en el control cognitivo dentro de la interacción social (Ray y Zald, 2012), considerando procesos abstractos y/o concretos. Sin embargo no es la única región de la corteza prefrontal que se considera como parte de esta función. El polo temporal es una región relacionada con el procesamiento semántico de la información social que tiene una importante

injerencia dentro de la toma de decisiones sociales. Se expondrán más detalles a continuación.

### **Corteza frontopolar (BA 10)**

La corteza frontopolar (CFP) se encuentra ubicada en la región rostral a la corteza prefrontal dorsolateral (Petrides, 2005). El área 10 es una de las regiones corticales del lóbulo frontal involucrada en funciones cognitivas de alto orden como la planeación de acciones futuras (Semendeferi, Armstrong, Schleicher, Zilles y Van Hoesen, 2001). La definición más liberal de esta región indica que se considera como corteza frontopolar cualquier activación que caiga sobre el área 10 de Brodmann, sin embargo este criterio hace difícil distinguir la corteza frontopolar de la corteza prefrontal medial (cubierta en parte por la porción medial del área 10), la corteza orbitofrontal (cubierta en parte por la región más inferior del área 10) y el área más anterior de la corteza dorsolateral (Christoff y Gabrieli, 2000). Hay autores que han dividido a la corteza frontopolar en tres zonas y que consideran que sólo la región medial (10p) se podría considerar como la región frontopolar, mientras que las otras dos forman parte de la región prefrontal ventromedial (10m y 10r) (Öngür, Ferry y Price, 2003) (Figura 3).

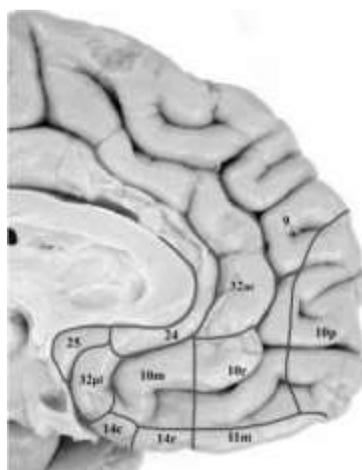


Figura 3. Descripción de las divisiones entre áreas mediales y orbitales del cerebro humano (Öngür, Ferry y Price, 2003)

En relación a sus límites, dorsalmente se encuentra colindando con el área 9 medial, el área 32, área 24 y área 25. Ventralmente colinda con la región medial del área 11 y la prolongación media del área 14 (Öngür, Ferry y Price, 2003). Con respecto a sus conexiones, en su superficie orbital se conecta con las áreas 8 y 46 (Petrides y Pandya, 1999), en la superficie lateral se conecta 9, 46 (Petrides y Pandya, 1999) y 12 (Cavada y cols., 2000), en la superficie medial con las áreas 9/46, 46, (Petrides y Pandya, 1999) las áreas 8, 32, 14, 24, las áreas 23, 29 y 30 y en la región posterior del giro del cíngulo (Cavada y cols., 2000).

Las áreas dentro de la CPF difieren en su grado de diferenciación. Esto es, mientras más diferenciadas, más laminadas de manera progresiva (mayor organización) (Barbas y Pandya, 1989). Las láminas de la corteza prefrontal son:

- Línea basoventral: La diferenciación va de las láminas de la corteza orbitofrontal (BA 25, 13, 14, 12) al área 10, luego al área 46 rostral, luego al área 46 caudal y por último al área 8 ventral.
- Línea mediodorsal: Desde la corteza prefrontal ventromedial (BA 24, 24, 36, 14) a las áreas mediales 9 y 10, luego a las áreas laterales 9 y 10, luego hacia el área rostral 46, luego al área caudal 46 y de último al área 8 dorsal.

Esto colocaría a la CFP como un área de poca diferenciación en comparación con regiones posteriores de la región prefrontal (BA 8). Pero es importante mencionar una característica de estas áreas y es que las regiones con diferenciación laminar bien desarrollada tiene conexiones con zonas vecinas, o sea conexiones más cortas, mientras que las áreas menos diferenciadas, como el área BA 10, tienen conexiones más largas y esparcidas a otras regiones (Barbas y Pandya, 1989). Esto situaría a la CFP en la escala más alta de la organización jerárquica de la CPF (Badre y D'Esposito, 2009) dada su conexión con regiones más distantes y probablemente con regiones de asociación fuera de la región prefrontal (Ramnani y Owen, 2004).

Con respecto a sus conexiones con regiones temporales, la corteza frontopolar se conecta con la región parahipocampal (Cavada y cols., 2000), con

la región dorsal del polo anterior a través del fascículo uncinado (Thiebaut de Schotten y cols., 2012), con la corteza asociativa de la porción rostral del giro temporal superior y las áreas auditivas en esa misma región (Cavada y cols., 2000). Además se conecta moderadamente con la región inferior del lóbulo temporal o TE1 y con el subículo (Rempel-Clower y Barbas, 2000)(Figura 4).

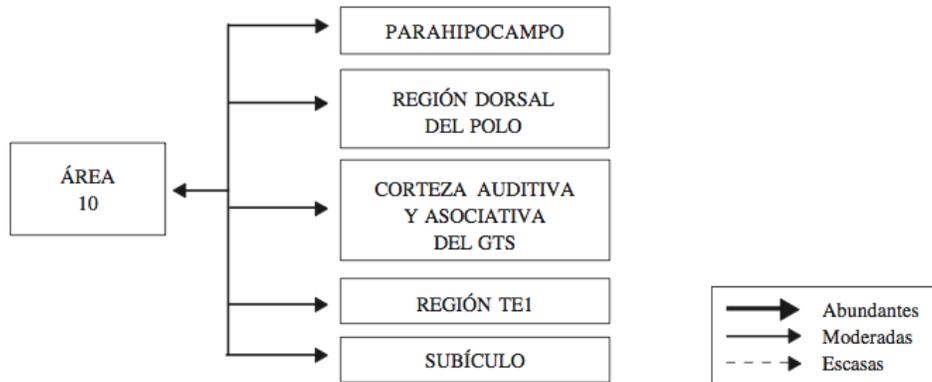


Figura 4. Representación gráfica de las conexiones de la región frontopolar con regiones temporales (tomado de Buritica-Ramírez y Pimienta-Jiménez, 2007).

Dado su desarrollo filogenético, Kubota se refiere a la corteza frontopolar como la responsable de las funciones más complejas del cerebro humano (Kubota, 2003). Actualmente no existe un consenso acerca de las funciones de esta región, sin embargo se ha visto implicada en la resolución de tareas complejas con un origen endógeno (Koechlin, Corrado, Pietro y Grafman, 2000), durante la selección de secuencias en la ejecución de las Torres de Londres (Baker y cols., 1996). También se ha observado en la evaluación por retroalimentación al ser evaluada a través de Wisconsin Card Sorting Test (Berman, y cols., 1996).

A través de estudios de memoria de trabajo, se ha observado que también se encuentra involucrada la CFP en este proceso, junto con la CPF DL, sin embargo se ha propuesto que estas dos áreas participan de diferente manera en la manipulación y monitoreo de la información. (Wolters y Raffone, 2008). La evidencia demuestra que la CPFDL se encuentra estrechamente relacionada con el proceso de evaluación de respuestas generadas de manera externa, por lo que a diferencia de esta región, la CFP se activa en el monitoreo

y manipulación de la información generada de manera interna considerando esto un procesamiento más abstracto que el realizado por la dorsolateral (Petrides, 2005) por lo que se considera una jerarquización de funciones rostro-caudal dentro de la corteza prefrontal (Christoff y Gabrieli, 2000) (Figura 5).

En este mismo sentido, se ha propuesto la existencia de dos ejes de procesamiento de la información: un eje rostro-caudal dorsal y un eje rostro-caudal ventral y ambos ejes emanan de la corteza frontopolar (BA 10). Se ha propuesto que el primero está relacionado con la planeación y la ejecución de las acciones y el segundo en el procesamiento del contexto seleccionando información relevante para comprender el ambiente (Badre y D'Esposito, 2009).

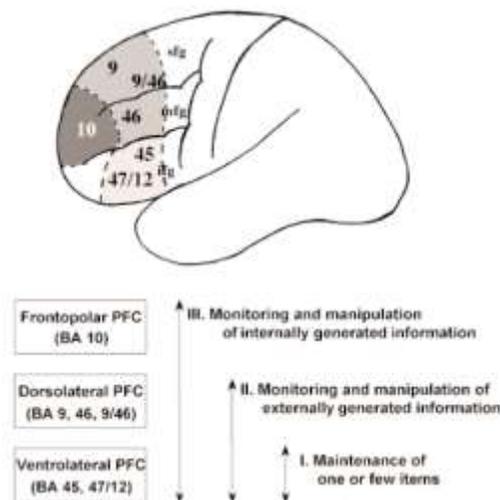


Figura 5. Jerarquización funcional antero - caudal de la corteza prefrontal (tomado de Christoff y Gabrieli, 2000).

Acorde a Shallice, los pacientes con lesiones en la CFP presentan una alteración en la toma de decisiones en situaciones con resultados no claros y con estructuras muy difusas (Shallice y Burgess, 1991) por lo que se ha sugerido que la corteza frontopolar participa en una estructuración y manipulación de las representaciones de las acciones, probablemente a través del proceso de “derivación” en el que mantiene activa una tarea anteriormente realizada manteniéndola en un estado pendiente para completarla posterior a la realización de otra tarea manipulada y ejecutada, por lo que se dice que añade

una cognición emergente más flexible buscando lograr objetivos a largo plazo (Koechlin y Hyafil, 2007), a diferencia de corteza prefrontal dorsolateral en donde una sola tarea, gobierna la selección de una acción en un momento dado; por lo que se ha propuesto que la corteza frontopolar supera esta manipulación. Esto lo pudieron observar Shallice y Burgees (1991), quienes evaluaron a 3 pacientes con lesiones en regiones frontopolares. Ellos, a través de la prueba Evaluación de las diligencias múltiples (Multiple Errand Task) que habían inventado, pudieron observar que en 2 de los 3 pacientes (IQ normales), había una deficiencia al momento de realizar tareas que evaluaban acciones y procedimientos de la vida diaria, como por ejemplo ir de compras con especificaciones muy claras, sin embargo las situaciones no tenían una estructura muy definida y podían ser resueltas de distintas maneras, esto es, que tenían muchas vías de acción y el participante debía escoger algunas de ellas. Los pacientes cometían muchos tipos de errores, muchos de ellos relacionados con alteraciones en la memoria prospectiva, por ejemplo, escribir y mandar una carta sin tener una pluma, con la regla de no poder usar nada que no hayan comprado con la menor cantidad de dinero posible). Los pacientes no eran capaces de llevar a cabo tareas con las respuestas “escondidas”, lo cual reflejaba una alteración en la capacidad de organización conductual compleja en situaciones de la vida diaria.

La corteza frontopolar participa en la toma de decisiones sociales a través de la meta cognición que es la reflexión acerca de los pensamientos personales o el pensar de una manera controlada y consciente dirigida hacia una meta y la corteza frontopolar participa en esta función. Christoff y Gabrieli (2000) lo explica aludiéndole una función de evaluación, monitoreo y manipulación de la información generadas internamente. Esta idea se ha generalizado bajo la propuesta de la teoría de la mente, cuya intervención se manifiesta en la toma de decisiones al momento de atender a estados mentales personales e integrando esto a relaciones mentales múltiples (Frith y Frith, 2003). Esto fue evaluado por Raposo y cols., (2011), quienes a través de la Imagen por Resonancia Magnética Funcional (IRMf), evaluó a 25 participantes (15 mujeres,

de 18 a 25 años, edad media: 25 años) a los cuales se les presentaban bloques de palabras y los participantes debían calificar las palabras en base a tres criterios: cómo les hacían sentir a ellos esas palabras, cómo creen que esas palabras harían sentir a sus amigos más conocidos, cuan más o menos placenteras, en comparación con sus amigos, ellos encontrarían las palabras, y finalmente en los ensayos controles, los participantes debían contar las vocales de cada palabra. Encontró una mayor activación de la corteza frontopolar (junto con las cortezas ventrolateral izquierda, dorsolateral izquierda, premotora izquierda, y polo temporal supero anterior izquierda) en todos los ensayos en donde se consideraban a sus compañeros en comparación con la activación durante los ensayos controles y concluyó que aquí se hace la integración de las preferencias de uno mismo y de los demás.

También, la corteza frontopolar se ha visto implicada en el procesamiento de sentimientos morales prosociales. Estos sentimientos como la culpa, la pena y la vergüenza nos llevan a buscar la aceptación de los demás, a confortar a aquéllos que sufren y a mantener un comportamiento dentro de los estándares establecidos, por lo que se piensa que proveen respaldo a la cohesión social. Se ha observado que los pacientes con lesiones en regiones frontopolares, junto con regiones ventromediales, tienen un comportamiento inapropiado y menos prosocial (Anderson, Bechara, Damasio, Tranel y Damasio, 1999); por lo que Moll y colaboradores (2011) buscaron evaluar estos sentimientos en pacientes con demencia frontotemporal, en quienes se ha demostrado una alteración en la conducta social. Ellos evaluaron a 15 hombres y 6 mujeres con diagnóstico de demencia frontotemporal (edad media  $60.8 \pm 8.0$  años) y los compararon con 15 participantes controles varones (edad media  $61.5 \pm 8.5$  años) utilizando la Tarea de Sentimientos Morales en la cual se les presentaban a los participantes 98 escenarios escritos (por ejemplo "tu madre llama y dice que no se siente bien, pero tú la ignoras y al día siguiente ella amanece muerta") y sobre los cuales debían ellos calificar el tipo de sentimiento que estaban presentando al momento de leer la aseveración: culpa, pena, vergüenza (sentimientos prosociales) o ira, disgusto (otros sentimientos) miedo o neutral. El estudio de imagen se llevó a

cabo a través de la Imagen por Resonancia Magnética funcional (IRMf). Como se esperaba, los pacientes con demencia frontotemporal demostraron una reducción en las calificaciones de sentimientos prosociales y de otros sentimientos, en comparación con el grupo control, lo cual indica que como grupo, tienen una alteración en los sentimientos prosociales. En los resultados de neuroimagen se encontró un hipometabolismo en la corteza frontopolar (BA 10 ) en el grupo de los pacientes, y en el área septal, concluyendo que estas dos áreas son indispensables en la formulación de sentimientos que producen una cohesión social.

Como se ha mencionado, existen otras zonas que están involucradas en la toma de decisiones de tipo social, junto con la corteza frontopolar. Entre ellas se encuentran el lóbulo temporal, que tiene estrechas conexiones con la corteza prefrontal.

### **Polo temporal (BA 38)**

El polo temporal es la región más anterior del lóbulo temporal (Wong y Gallate, 2012). Es considerada por algunos autores como una región paralímbica basada en su locación y en su conectividad con la corteza orbitofrontal y con la amígdala (Yeterian y cols., 2012). También es conocida como el área de Brodmann 38 o área anterior de la corteza perirrinal (Suzuki, 1996) y cubre la parte más anterior del lóbulo temporal (Figura 6).

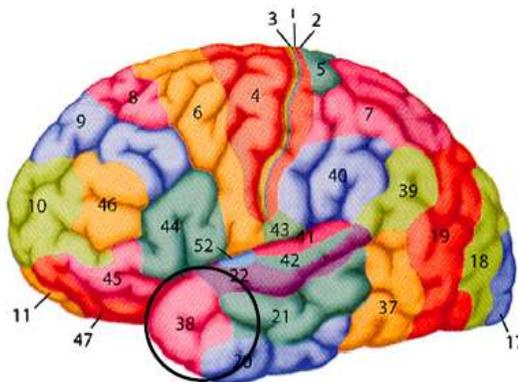


Figura 6. El área de Brodmann 38, además de las áreas 20, 21 y 22, es parte del polo temporal (tomado del Olson, 2013).

Según sus conexiones anatómicas, se sugiere que sus funciones van más allá de la percepción, hasta un procesamiento emocional y social (Olson, Plotzker y Ezzyat, 2007). Con respecto a sus relaciones con otras áreas, se conecta de forma recíproca, con los núcleos laterales, basales y accesorios de la amígdala en donde sus conexiones convergen con las proyecciones de la corteza orbitofrontal (Ghashghaei y Barbas, 2002). También subcorticalmente se relaciona con la ínsula para formar el circuito encargado de la capacidad de mentalización (Frith y Frith, 2003). Con la corteza perirrinal se conecta para formar parte del circuito de memoria (Suzuki, 1996). En su porción dorsal se conecta con el hipotálamo, que es una región importante para la regulación autonómica de las emociones (Olson, Plotzker y Ezzyat, 2007). En su porción dorsolateral, en el macaco, recibe proyecciones de la corteza de asociación auditiva de tercer orden (Olson, Plotzker y Ezzyat, 2007). A través del estudio de los monos tití, se ha podido dilucidar que en el polo temporal se produce el segundo grupo más importante de proyecciones hacia la región frontopolar, después de las proyecciones de las diferentes áreas de la corteza prefrontal: su región superior se proyecta hasta la región media y rostral del área 10 y su región inferior se proyecta hacia las regiones dorsal y lateral de la región frontopolar (Burman, Reser, Yu y Rosa, 2011)(Figura 7).

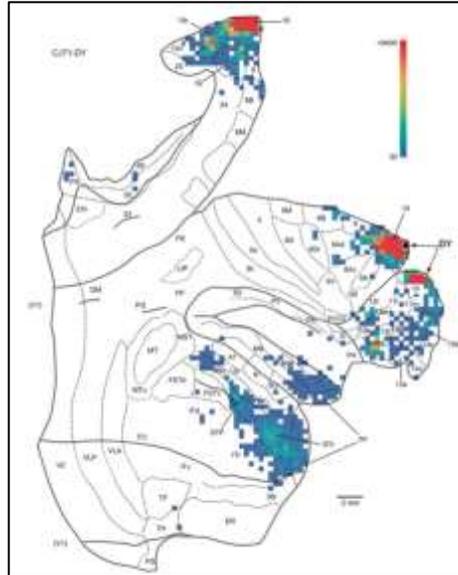


Figura 7. Conexiones anatómicas del lóbulo temporal anterior con la región frontopolar en el macaco titi (tomado de Burman, 2011)

En sus proyecciones corticales, en su región superior, se proyecta hacia las regiones orbitales 13, 12 y 11 y hacia las regiones mediales 11, 10 y 14, a través del fascículo uncinado (Pertides y Pandya, 1999).

Con respecto a la funcionalidad del lóbulo temporal anterior existe controversia en cuanto a que si procesa información de dominio general (memoria semántica) o si procesa información de dominio específico (cognición social). Por eso, Simmons (2010) solicitó a 20 participantes sanos (7 mujeres, con edades entre 20 y 32 años), codificar información presentada a través de breves oraciones, acerca de personas no familiarizadas con los participantes, edificios o martillos. A través de la Imagen por Resonancia Magnética encontró un aumento en la actividad en ambos polos temporales selectivamente para la información acerca de personas y esta activación se presentó también junto con áreas que forman la red de cognición social, formada por la corteza prefrontal media región anterior (BA 10 o polo frontal), surco temporal superior y precuneus (Amodio y Frith, 2006). El autor concluye afirmando que, contrario a lo que se pensaba, los polos temporales sustentan conocimiento importante acerca del dominio social. Esto pudiese estar relacionado con la gradual jerarquización de funciones realizadas en un sentido postero-anterior dentro del

lóbulo frontal, en donde regiones más posteriores reciben principalmente información de regiones primarias, mientras que regiones más anteriores integran información de otras regiones de asociación (Pascual, et al., 2013), situación muy parecida a lo que sucede con la corteza frontopolar. Otro autor que ha enfatizado esta noción es Moll (2005), quien afirmó que las lesiones en el lóbulo temporal anterior (que es la región en donde se encuentra el polo temporal), alteran el conocimiento de los conceptos sociales y los valores que son independientes del contexto (como por ejemplo honor y orgullo), pero dejan intactos conocimientos altamente dependientes del contexto de secuencias de eventos sociales (por ejemplo “ir al supermercado”).

La principal aportación del polo temporal a la toma de decisiones sociales es a través de la mentalización. Esto fue comprobado en un estudio realizado por Ruby (2004). Este autor afirmaba que el lóbulo temporal también se ha relacionado con la capacidad humana de tener la perspectiva de otras personas (teoría de la mente) y que esta capacidad es necesaria para las interacciones personales. A través de la tomografía por emisión de positrones (TEP), se les presentó a 10 varones (edad media=  $21.8 \pm 1.3$ ) frases que contenían estímulos socio-emocionales y estímulos neutros y se les pedía que respondieran bajo una perspectiva personal y bajo la perspectiva de su madre. El polo temporal presentó una mayor activación durante la perspectiva en tercera persona independientemente del tipo de estímulo que se estuviera presentando. También presentó una mayor activación al evaluar las oraciones con contenido socio-emocional. El autor concluye que esta área, junto con otras como la corteza frontopolar, participa en el proceso de la distinción entre la perspectiva personal y de otras personas, cuando el contenido de la información se encuentra en el contexto socio-emocional (Ruby y Decety, 2004).

Sin embargo, en la tarea de Ruby (2004) no se evalúa directamente la participación de esta estructura en una interacción social, dado que no hay una influencia de una segunda persona sobre la respuesta. Para esto Assaf (Assaf y cols., 2009), buscó examinar las redes neurales de la mentalización a través de un juego de fichas de dominó en el cual los participantes (19 sujetos,  $32.3 \pm 10.4$

años) debían igualar un grupo de fichas de dominó con las de su oponente (otra persona o un programa de computadora), anticipando las fichas propuestas por este último. En relación al lóbulo temporal en la toma de decisiones sociales, se ha relacionado a esta región con el circuito de mentalización que permite a las personas el hacer inferencias acerca de los estados mentales de otras personas para ponderar las acciones personales. El autor a través de la Imagen por Resonancia Magnética encontró un grupo de estructuras que participaban en este proceso encabezado por los polos temporales bilaterales, corteza prefrontal medial anterior (BA 10), unión temporo parietal bilateral. Estas regiones se activaban principalmente cuando el juego se realizaba contra una persona y no contra un programa de computadora. El autor concluye afirmando que esta red participa en la atribución de estados mentales de otras personas durante una interacción competitiva e interpersonal y que estas situaciones son las que comúnmente se presentan en la interacción social en la vida diaria.

Asimismo, el lóbulo temporal anterior se ha relacionado con el procesamiento de estímulos morales de contenido emocional-social. Moll (2001) quien buscaba investigar a través de la IRMf los correlatos neurales de la habilidad para ponderar entre diferentes situaciones morales, les presentó a 10 participantes adultos (6 hombres y 4 mujeres, rango de edad: 24-43 años), una serie de aseveraciones de contenido moral, con diferentes dificultades de juicio y con diferentes valencias, ya sea positivas o negativas (p, ej. “el niño le roba a su mamá sus ahorros” o “la gente vieja es inútil”) y les pidió que evaluaran cada oración en una escala de Likert como “bien” o “mal”. El autor encontró que el área del lóbulo temporal anterior presentó un aumento de su actividad junto con la corteza frontopolar, en comparación con los juicios neutros (“caminar es bueno para la salud”) y afirma que estas dos áreas pudiesen estar catalogadas como sitios de organización de la conducta con bases en contenidos morales y las menciona como parte de un circuito más novedoso filogenéticamente hablando.

## **Corteza parietal**

La corteza parietal ocupa aproximadamente un cuarto de la superficie cortical. Se encuentra delimitada anteriormente por el surco central (cisura de Rolando), ventralmente por el surco subparietal y caudalmente por el surco occipito-parietal (Hyvarinen y Shelepin, 1979).

La parte más anterior del lóbulo parietal está formada por la corteza somatosensitiva primaria o SI (formada por las áreas de Brodmann 1,2, 3A y 3B) también llamada lóbulo parietal anterior (Kandel, 2000). Estas áreas reciben información de la piel y de información propioceptiva de músculos y articulaciones. Posterior a ésta, se encuentra la corteza somatosensitiva secundaria o SII. La información es transmitida de esta región a la ínsula para integrar la memoria táctil. (Kandel, 2000). Posterior a ésta se encuentra la corteza parietal posterior (áreas 5 y 7 de Brodmann).

La corteza parietal posterior se subdivide en superior (áreas 5 y 7 de Brodmann) e inferior (áreas 39 y 40 de Brodmann) y están separados por el surco intraparietal. (Ver Figura 8). La corteza parietal inferior contiene neuronas relacionadas con el movimiento y la fijación: neuronas de fijación visual y neuronas de búsqueda visual (Sakata y cols 1980).

La corteza parietal superior contiene las células encargadas de la búsqueda visual de objetos para su manipulación las cuales se clasifican en células de proyecciones de la mano y células de proyecciones del brazo (Hyvarinen y Poranen 1974).

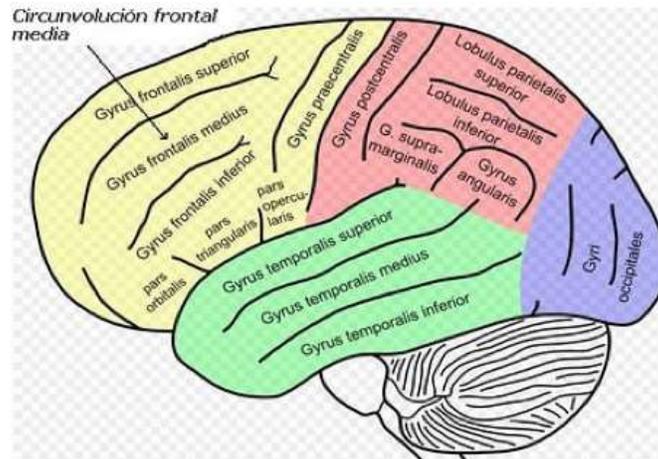


Figura 8. Divisiones anatómicas de la corteza cerebral en donde se menciona las divisiones de la corteza parietal

Con respecto a las conexiones anatómicas y funcionales de la corteza prefrontal y parietal la región parietal y la región frontal se conectan por varias vías. (Petrides y Pandya, 1984). La más prominente de ellas es el fascículo longitudinal superior. Este fascículo está subdividido en tres subfascículos designados Fascículo Longitudinal Superior I (FLS I), Fascículo Longitudinal Superior II (FLS II) y Fascículo Longitudinal Superior III (FLS III) (Petrides y Pandya, 1984).

El FLS I, inicia en la corteza parietal superior y termina en el área motora suplementaria (MIII), el área motora primaria (área 6) y el campo visual primario (área 8Ad). Forma parte de un sistema de coordinación del cuerpo para localización de extremidades (Petrides y Pandya, 1984).

El FLS II, se origina en el lóbulo parietal inferior, región caudal y en las áreas adyacentes occipitoparietales y termina en el lóbulo posterior dorsolateral, en el área 6, área 8, 9/46 y 46. Interviene en la percepción espacial y en la competencia por el espacio (Petrides y Pandya, 1984).

El FLS III, se origina de la porción rostral del lóbulo parietal inferior (o giro supra marginal o área 40) y de la región opercular parietal adyacente. Estas fibras llegan al área premotora ventral o área 6 de Brodman y a la zona ventral del área 9/46 (Petrides y Pandya, 1984). También contiene fibras que se originan

directamente en la corteza prefrontal y se dirigen hacia el lóbulo parietal inferior y al opérculo parietal (Preuss y Goldman-Rakic, 1989) (Ver figura 9).

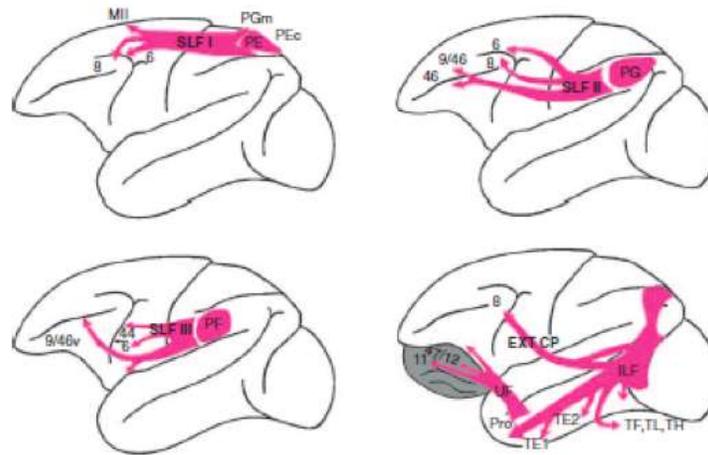


Figura 9. Conectividad anatómica prefronto - parietal (tomado de Fuster, 2008)

Con respecto a los estudios de lesión, Koenings y cols (2009), encontraron, a través de una prueba espacial en la que los pacientes debían recordar una secuencia de objetos y posteriormente debían recordarla y realizarla de manera inversa, que los pacientes con lesiones en la corteza parietal superior derecha tenían, un desempeño significativamente peor en la ejecución de la tarea, en comparación con los controles sanos o con los pacientes con lesiones en la corteza parietal inferior (Koenings y cols., 2009).

La funcionalidad de la corteza parietal, tradicionalmente se ha relacionado con la ejecución adecuada de tareas de memoria de trabajo, principalmente de tipo visoespacial (Van Asselen, Kessels, Neggers, Kappelle, Frijns y Postma, 2006). Sin embargo, hay algunos reportes en los que la corteza parietal se ve involucrada en la ejecución de tareas de toma de decisiones (Paulus y cols., 2001). Estas tareas requieren realizar elecciones tomando como origen de información el contexto inmediato en el cual se encuentra el sujeto al momento de la decisión. Así mismo algunos autores han postulado que la región parietal forma parte de un eje de procesamiento de información en el que ésta se relaciona con conceptos abstractos dentro de un eje postero anterior gradual en

el que regiones posteriores se relacionan con la representación mental de objetos concretos y regiones más anteriores se relacionan con la representación de conceptos abstractos (Badre, 2008).

En un estudio en el que se buscaba profundizar en el conocimiento de la cognición social, se evaluó a 12 participantes entre 21 y 28 años durante la ejecución de una tarea en la que estaban implicadas tanto la cooperación como la competencia. Se utilizó la Imagen por Resonancia Magnética para evaluar la participación de las cortezas prefrontales y parietales, debido a que ambas regiones contribuyen funcionalmente con estos dos procesos a través de las funciones ejecutivas y puesto que se ha observado que las regiones frontales participan en la cooperación y las regiones parietales con la competencia. El objetivo del juego era que dos jugadores debían construir un patrón de fichas bajo tres condiciones experimentales: de manera individual, en cooperación con otros participantes y en competencia con los mismo. Sin embargo, la realidad era que en todas las ocasiones, los jugadores estaban jugando contra el experimentador. En los resultados se encontró una activación importante de una red prefronto-parietal tanto durante la cooperación como en la competencia. Los autores concluyen que ambas áreas contribuyen con la toma de decisiones a través de las funciones ejecutivas necesarias para la flexibilidad cognitiva, para la supresión de un curso de acción preponderante y para monitorear un curso de acción necesario para completar un patrón imaginado (Decety, Jackson, Sommerville, Chaminade y Meltzoff, 2004).

En un estudio en donde se buscaba entender acerca de el control top-down ejercido por la corteza prefrontal durante una situación afectiva, se les presentó a 53 estudiantes universitarios una serie de estímulos auditivos con carga socio-emocional. A través de unos audífonos se les presentaba unos audios con grupos de personas expresando a través de expresiones de palabras, diferentes tipos de emociones (tristeza, enojo y alegría). Además, se les realizaba un cuestionario de personalidad esquizotípica (SPQ) para dividir a los participantes en alto o bajo rasgo esquizotípico y una escala de habilidad emocional (SEAS) que evaluaba las capacidades de regulación afectiva sobre

situaciones de la vida diaria para evaluar el grado de afectación de los audios presentados sobre su estado de ánimo actual. Los resultados indicaron que para los participantes con elevados rangos de síntomas positivos, se presentó una menor coherencia prefronto-parietal en el hemisferio derecho mientras ellos presenciaban la expresión de ira de las personas en el audio. No se presentaron diferencias significativas entre el grado de afectación de los videos entre ambos grupos. Con estos resultados los autores afirman que el eje formado por la corteza prefrontal y la corteza parietal posterior superior proporcionan un mecanismo modulador encargado de la regulación emocional dependiente de estado, en este caso la percepción explícita de un estímulo socio-emocional (Papousek, Weiss, Mosbacher, Reiser, Shulter y Fink, 2014).

En el estudio llevado a cabo por Lamm (2007) se buscó profundizar en el entendimiento de los mecanismos neurales de la empatía. Ellos buscaban conocer los mecanismos neurales que generan una respuesta emocional ante la percepción de emociones en otras personas. Participaron 17 individuos entre 18 y 31 años. Debían observar un video de unos pacientes neurológicos con afecciones auditivas que recibían un tratamiento auditivo que infringía dolor a los mismos. Los participantes del estudio debían responder: como se sentirían los pacientes y como se sentirían si ellos fueran los pacientes. Así mismo, a los participantes se les decía que algunos pacientes habían sentido mejorías por el tratamiento y que otros no habían presentado ningún beneficio del mismo. Se consideró que los participantes percibirían mayor estrés al saber que el tratamiento infringió dolor al paciente, sin haberle producido ningún beneficio. Durante el estudio imageneológico (IRM), los pacientes debían calificar también la intensidad y qué tan displacentero era el estímulo. Posterior al scanner, los pacientes eran sometidos a un estudio de memoria (se les presentaban fotos de rostros de los cuales el 50% contenían rostros de los pacientes neurológicos y 50% eran nuevos rostros). Conductualmente se encontró que los pacientes con mayores índices de dolor, fueron recordados más fácilmente en los estudios pos scanning. Con respecto a la corteza parietal se encontró que la región superior derecha de la misma se relacionó con la percepción del dolor de otros (en

segunda persona) ante el tratamiento neurológico, mientras que el lado izquierdo de la región parietal se activó principalmente con la perspectiva del dolor en primera persona, en ambos tipos de actividad, sin relación con la efectividad del tratamiento y la intensidad del dolor. Los autores sugieren que esta actividad es la que normalmente se obtiene en regiones parietales inferiores ante tareas de percepción social.

El estudio en modelos animales ha arrojado una serie de datos importantes en el entendimiento de diversas funciones que están implicadas en la toma de decisiones. En un estudio en donde se buscaba profundizar en el entendimiento de la contribución prefrontal y parietal en la toma de decisiones, se manipuló optogenéticamente la actividad del campo frontal ocular de ratones durante la ejecución de una tarea de toma de decisiones duales para determinar si éste o las regiones parietales contribuían con la acumulación gradual de la información sensorial necesaria para una toma de decisión. Ellos encontraron que mientras que el campo frontal ocular estaba más relacionado con la codificación categórica de los estímulos, la corteza parietal presentaba mayor activación con la acumulación gradual de los estímulos sensoriales que intervenían en la toma de la decisión (Hanks y cols., 2015).

Aunque la corteza parietal ha sido tradicionalmente relacionada con la ejecución de tareas cognitivas, es probable que, en conjunción con la corteza prefrontal, también participe con el procesamiento y manipulación de información obtenida del medio ambiente en donde se encuentra el sujeto que toma la decisión y así considerar el contexto inmediato que envuelve a los agentes involucrados.

Existen muchos factores que afectan la toma de decisiones algunos de ellos, son estados patológicos y otros son condiciones desfavorables, como el maltrato infantil que afecta el adecuado desarrollo de estructuras de toma de decisiones.

## **Electroencefalograma**

El electroencefalograma es una técnica que tiene sus orígenes en el siglo XIX cuando Richard Catón en 1875, realizó experimentos en los cuales presentaba estímulos visuales a conejos y monos al mismo tiempo que registraba su actividad cerebral por medio de electrodos implantados en la superficie cerebral de animales (Ahmed y Cash, 2013). Pero no fue sino hasta 1902 cuando Hans Berger hizo el primer registro en humanos (Collura, 1993).

La actividad electroencefalográfica se puede definir como las oscilaciones del voltaje originadas por corrientes iónicas intra y extraneuronales en una gran población de células (probablemente las células piramidales) dispuestas en forma radial a la superficie craneana, que se activan sincrónicamente (Guevara, Hernández y Sanz, 2010). La actividad que registra el electroencefalograma son los potenciales de campo extracelulares originados por la despolarización de las membranas de las neuronas post sinápticas, al recibir la estimulación excitatoria proveniente de otra neurona, a través de un potencial postsináptico excitatorio que produce un flujo de cationes hacia el interior de la célula nerviosa, originando una despolarización, originando un gradiente de potencial a lo largo de la membrana en el espacio intra y extracelular (Niedermeyer, 2005). Así mismo, el registro electroencefalográfico también proviene de los elementos extracelulares de sostén del sistema nervioso central llamada glia, ya que presenta un potencial de membrana constante, mantenido por la concentración constante de iones extracelulares (como el potasio). Es importante mencionar, que la liberación de potasio producida por la despolarización de la membrana neuronal, puede producir, de manera local, afecta la polaridad de la membrana glial, lo cual puede contribuir a la en la modificación conductual de un estímulo espacial postsináptico, ya que la glia tiene muchas conexiones entre sí (Niedermeyer, 2005). La función de esta técnica es la ampliación de la señal proveniente de esas células para su registro visual (Aquino, Aneiros y Rojas, 1999). Las diferencias tanto en la amplitud, como en la polaridad y la frecuencia de las ondas registradas por electroencefalógrafo, dependen de los potenciales sinápticos y de las variaciones que hay entre estos.

Dentro del análisis electroencefalográfico se utiliza la correlación para determinar la coordinación entre áreas corticales distantes. La correlación: es una medida matemática que permite determinar la covariación entre dos señales como una función de tiempo considerando tanto la relación de fase como la polaridad entre las dos señales que se están analizando sin tomar en cuenta la amplitud (Guevara, Hernández-González y Sanz, 2010). Ésta se define con los valores -1, 1 y 0, donde -1 significa correlación máxima negativa; 1, correlación máxima positiva y 0, ausencia de correlación (Guevara, Hernández-González y Sanz, 2010).

La actividad electroencefalográfica se mide con base en dos parámetros: la amplitud y la frecuencia. La amplitud es la potencia que tiene cada onda registrada en el polígrafo y está medida por microvoltios. La frecuencia es la cantidad de ondas cerebrales que se presentan en un segundo y está medida en Hertz (Aquino, Aneiros y Rojas, 1999).

El análisis de las señales se realiza a través de la Transformada Rápida de Fourier (TRF), la cual es una técnica que nos permite hacer una descomposición de la actividad EEG y separarla en cada uno de los componentes de frecuencia que la forman para luego calcular la amplitud de cada uno de ellos y al final agruparlos dependiendo de las características morfológicas que compartan, en grupos de bandas específicas (Guevara, Hernández-González y Sanz, 2010). Estas amplitudes son el espectro total de amplitudes de la señal de estudio. Al elevar estas potencias al cuadrado se obtiene la potencia absoluta de la señal y a partir de ésta, se puede obtener la potencia relativa de cada frecuencia, calculando el porcentaje de cada una de ellas con base en la totalidad de la potencia absoluta (Guevara, Hernández-González y Sanz, 2010).

La técnica electroencefalográfica se realiza colocando electrodos en el cuero cabelludo del sujetoy conectando estos al electroencefalógrafo, con previa limpieza de la zona que se requiere registrar, para la remoción de partículas que pudieran interferir con la captura de la señal. El sistema más común utilizado para la colocación de los electrodos es el propuesto por el Comité Internacional



sueño y mientras más profundo es este, más se hace prominente la aparición del ritmo delta (Achermann y Borbely, 1989). Por otro lado, durante la ejecución de diferentes tareas cognitivas se ha encontrado durante la detección de señales y la toma de decisiones (Basar-Eroglu y cols, 2001). Así mismo, durante operaciones aritméticas, se ha relacionado a esta banda, en regiones frontales, con la atención a procesamientos internos, a diferencia del procesamiento de la misma información presentada a través de un estímulo tipo visual (Harmony y cols, 1996). Por otro lado, durante tareas de detección de estímulos visuales (odd-ball), se ha detectado la prominente presencia de esta banda en regiones parietales, a diferencia de estímulos auditivos se presenta principalmente en regiones frontales y centrales (Basar-Eroglu y cols, 2001).

### **Ritmo theta**

El ritmo theta es considerado junto con el ritmo delta como ritmos lentos y se ha designado entre los 4 y los 7.5 ciclos por segundo y tiene una amplitud cercana a los 70  $\mu\text{V}$  (Niedermeyer, 2005). La frecuencia combrada como theta originalmente era considerada como parte del ritmo delta, sin embargo, Walter y Dovey consideraron separarlas. La frecuencia theta durante la vigilia, tiene un papel importante durante la niñez, al relacionarse estrechamente con aspectos maduracionales, sin embargo, su presencia en etapas adultas es mínima y no organizada (Niedermeyer, 2005). Funcionalmente, en estudios en donde se han evaluado estados placenteros, se ha encontrado a la banda theta como prominente entre regiones temporales y fronto – temporales (Schelberg, 1990). Su frecuencia, además de observarse en esfuerzos mentales, también se ha relacionado estrechamente con la memoria de trabajo (Tsvetomira, Baldo, Lema y Garcia-Molina, 2008), específicamente en la manipulación exitosa de la información (a través de el análisis por la transformada rápida de Fourier), en regiones frontales mediales (Itthipuripat, 2013). Este ritmo usualmente desaparece en la adolescencia en estados de reposoen vigilia (Niedermeyer, 2005).

## **Ritmo alfa**

Se refiere a una actividad electroencefalográfica de 8-13 Hz variando  $\pm 1$  con el desarrollo cerebral. Tiene una amplitud de 20-60  $\mu\text{V}$ . Se distribuye normalmente en regiones posteriores (occipitales) de ambos hemisferios (pero también se pueden encontrar en regiones parietales y frontales) y si presenta una asimetría interhemisférica mayor del 85% se pensaría en un signo patológico. Es un ritmo que se presenta en sujetos en vigilia, relajados, pero con ojos cerrados y que se interrumpe o se atenúa con la apertura de los ojos y con operaciones mentales, esto es, cuando se desincroniza alfa, es remplazado por beta, sin embargo en tareas que requieren una concentración profunda, se cambian por ondas delta (Guevara, Hernández-González y Sanz, 2010).

## **Ritmo beta**

El ritmo beta presenta una frecuencia mayor de 13 Hz, en general con un promedio entre 18-25 Hz. Tiene una amplitud usualmente baja de 5  $\mu\text{V}$  y es simétrico entre regiones homólogas entre ambos hemisferios y si se encuentra una asimetría mayor del 35%, se consideraría patológica. Se observa principalmente en regiones centrales y frontales del cerebro. Aparecen durante la activación del sistema nervioso central, si el individuo se encuentra bajo tensión emocional, con la apertura de ojos durante vigilia o con acciones motoras, de los dedos, por ejemplo (Niedermeyer, 2005).

## **Ritmo gamma**

Las ondas gamma son una continuación de ondas beta ya que tienen una frecuencia aproximada que va entre los 31 y los 100 Hz teniendo como frecuencia promedio los 40 Hz y tiene una amplitud de 10-20  $\mu\text{V}$ . Este ritmo se presenta mayormente en la región frontocentral (Niedermeyer, 2005). Se ha asociado con funciones como la percepción y alertamiento, memoria a corto y largo plazo, introspección y control motor (Rieder, Rahm, Williams y Kaiser, 2011).

Como se ha mencionado en los párrafos anteriores, las mediciones cuantitativas de la actividad EEG, se han utilizado para revelar alteraciones funcionales que sustentan alteraciones en el aprendizaje. Sin embargo, es una herramienta muy útil para medir los cambios que se presentan junto con la edad. En la siguiente sección se explicarán los detalles de algunos trabajos que se han llevado a cabo en menores durante su desarrollo.

### **Cambios electroencefalográficos conforme a la edad**

Se ha demostrado en reportes previos que las potencias absolutas de las bandas de frecuencia lenta en estado basal como delta, theta y alfa 1, disminuyen exponencialmente con la edad, mientras que la potencia absoluta de las bandas de frecuencia rápida como alfa 2 y beta presentan un decremento menos prominente o un crecimiento más complejo, como un incremento durante la niñez y un decremento en la adolescencia (Lüchinger, Michels, Martin y Brandeis, 2011). Él comparó dos grupos, uno de 18 adultos (edad media=24.9, DE=3.8, 8 varones) y uno de 18 adolescentes (edad media=15.4, DE=1.1 años, 8 varones) a través de la combinación de técnicas EEG y IMRf y encontró una reducción en la amplitud de las frecuencias bajas después de los 15 años, además de que la banda alfa 2, se presentó prominentemente en regiones parietales en todos los participantes. Este mismo autor (2012) realizó estas mismas mediciones pero agregó un tercer grupo de 19 niños (edad media=19.6  $\pm$  1.3 años, 8 varones). El hallazgo más importante fue que se presentó un clásico decremento en las potencias absolutas con respecto a la edad, con una marcada diferencia entre el grupo de los niños y el de los mayores, principalmente en las bandas lentas, pero junto con este hallazgo se encontró una reducción central máxima en la banda theta y una menor presencia frontocentral de las bandas delta y beta, siendo esta característica de la banda beta, la más evidente entre el grupo de los adolescentes y los adultos. De manera general se comprobó una significativa menor presencia entre el grupo de los niños y los otros dos mayores para todas las bandas excepto para alfa 2. El

autor concluye que esta atenuación en la potencia de las bandas es un reflejo de la madurez funcional cerebral (Lüchinger, Michels, Martiny Brandeis, 2012).

Para demostrar los patrones de desarrollo cortical a través de la electroencefalografía, Michels (2013) evaluó la actividad de las bandas delta, theta, alfa 1, alfa 2 y beta en condición basal, con ojos abiertos, comparando las diferencias de activación en 17 participantes adultos (edad media=25.1 ± 3.8, 8 varones) y 17 niños (edad media 10.1 ± 1.3, 9 varones). En el grupo de los niños, en el análisis de la potencia absoluta, encontró actividad delta asociada a fuentes de la corteza cingulada posterior como fuente principal de esta banda (BA26, 29, 30 y 31) y además en corteza motora primaria (BA 4) y giro frontal inferior (BA 44), con respecto a la banda theta se encontró que su fuente principal era la región parietal posterior (BA 39, 7) y el resto de las fuentes estaban en corteza prefrontal medial (BA 9) y corteza prefrontal dorsolateral (BA 46). Con respecto a la banda alfa se encontró su principal fuente en la corteza parietal (BA 39) y el resto provenía de corteza visual (BA17), la corteza prefrontal dorsolateral (BA46) y el giro frontal inferior (BA 44). La actividad beta provenía principalmente de corteza visual (BA 17) y el resto de sus fuentes corticales estaban en la corteza parietal posterior (BA 7), la corteza prefrontal dorsolateral (BA46) y la corteza prefrontal media (BA 9) (Michels, 2013). En el grupo de los adultos se encontró que la banda delta tuvo su principal fuente en corteza premotora (BA 6), corteza parietal (BA 39) y subcorticalmente en la ínsula (BA 16) y el núcleo caudado. La actividad theta tuvo su fuente principal en corteza prefrontal lateral y medial (BA 9 y 10), giro frontal inferior (BA 44) y corteza orbitofrontal (BA 11). La actividad alfa tuvo su fuente principal en corteza cingulada media (BA 32), corteza occipital (BA 17), corteza parietal (BA 39), corteza prefrontal medial (BA 9), corteza prefrontal dorsolateral (BA 46) y subcorticalmente en el tálamo. Y por último la banda beta tuvo su principal fuente en corteza cingulada media y posterior (BA 30 y 31), corteza premotora (BA 6), corteza prefrontal dorsolateral (BA 46) y tálamo. Además de las fuentes, se encontró que el grupo de los niños presentó mayor potencia en todas sus bandas especialmente las rápidas y además encontró que el grupo de mayor

edad tuvo mayor coherencia entre sus distintas fuentes de potencias, en comparación con el grupo de niños. En el efecto de bandas, la coherencia en la frecuencia alfa tuvo un decaimiento a la edad de 9 años para después aumentar gradualmente (Michels, et al., 2013).

En otro estudio Barry (2004), investigó la coherencia intra e interhemisférica para medir la funcionalidad entre áreas corticales, durante ojos cerrados. Evaluó a 2 grupos de niños (40 varones y 40 mujeres) cada uno de los cuales eran evaluados una vez al año, desde los 8 hasta los 12 años. En las coherencias intrahemisféricas se encontró una mayor coherencia entre electrodos que se encontraban a corta distancia en el hemisferio izquierdo en las bandas delta, theta y beta. En electrodos que estaban a distancias largas no se encontraron coherencias significativas. En la coherencia interhemisférica la coherencia alfa presentó una caída entre los 8 y los 9 años para después presentar un aumento a los 10 años. En regiones temporales la banda alfa tuvo un aumento lineal en la coherencia conforme a la edad.

### **Cambios electroencefalográficos en relación a la toma de decisiones**

Es ampliamente conocido que la etapa de la adolescencia se caracteriza por la búsqueda de sensaciones recompensantes (Casey, Jones y Hare, 2008). Se ha propuesto que esta búsqueda de sensaciones novedosas e intensas, sin considerar el riesgo que esto involucre, puede medirse a través de la actividad EEG y la correlación EEG. Se ha propuesto que el registro de la actividad electroencefalográfica puede utilizarse para evaluar la predisposición a toma de decisiones riesgosas. Esta idea fue investigada por Santesso (2008), quien buscó evaluar la relación entre estas conductas y la actividad cerebral en estado de reposo en 37 participantes con edades entre 18 y 26 años (edad media=19.5 años, DE= 1.4 años, 9 varones). Él aplicó el cuestionario de conductas que buscan las sensaciones (Escala de Búsqueda de Sensaciones Forma V) que incluye 4 tópicos con diferentes preguntas cada uno: Búsqueda de sensaciones intensas: “me gustaría aprender a manejar un avión”, búsqueda de experiencias novedosas: “me gustaría probar comidas que nunca haya probado”,

desinhibición: “me gustaría asistir a fiestas desenfundadas” y susceptibilidad al aburrimiento: “no tengo paciencia con las personas aburridas” y posteriormente realizó un registro basal de un minuto con ojos abiertos y cerrados y lo que encontró fue una correlación entre asimetría frontal izquierda, y los resultados del cuestionario, más específicamente, las puntuaciones elevadas en la evaluación de búsqueda de sensaciones se relacionaron con una mayor actividad en región frontal izquierda en el electroencefalograma. La correlación entre el EEG y el cuestionario, se encontró principalmente en las categorías desinhibición y susceptibilidad al aburrimiento. El autor buscó enfatizar los resultados estableciendo la correlación entre el EEG y las conductas de riesgo en varones. En un segundo estudio evaluó solamente a varones (44 participantes, edad media=18.6 años, E.E.=.72), relacionando la actividad electroencefalográfica con los resultados de la evaluación Aproximaciones Cognitivas de Eventos Riesgosos que evalúa la frecuencia de decisiones de alto riesgo tales como uso de drogas, actividad sexual riesgosa, actos antisociales y agresivos, ausentismo de trabajo o clases y contacto físico. Encontró que, de nuevo se presentó una correlación entre conductas de riesgo y mayor actividad en región frontal izquierda en comparación a la derecha (Santesso, Segalowitz, Ashbaugh, Antony, McCabe y Schmidt, 2008). La importancia de esta simetría radica en que se ha propuesto que este patrón de diferencias frontales está relacionado con una probable predisposición a experimentar emociones positivas y de aproximación a estímulos novedosos, así como falta de inhibición ante conductas sociales (Davidson, Abercrombie, Nitschke y Putnam, 1999).

La electroencefalografía también se ha utilizado para evaluar la actividad cortical durante la realización de tareas que requieren una toma de decisión espontánea. Yun (2010), evaluó a 16 pacientes adultos esquizofrénicos y los comparó con 16 participantes controles y evaluó la respuesta cortical ante la ejecución del Ultimatum Game. En relación a los controles se halló que durante las propuestas rechazadas, se presentó un incremento en la potencia de la banda gamma entre los 600 y 800 ms después de la decisión. En la topografía, se encontró que esta misma banda más la banda beta, presentaron un aumento

en la potencia absoluta en regiones frontales, temporales derechas (además de parietales y occipitales), durante las opciones rechazadas. En relación a la sincronización entre áreas, en los sujetos controles se encontró principalmente en el rango de frecuencia entre los 30 y los 50 Hz en una ventana de tiempo entre los -800 y 800 ms en relación a la decisión. Se encontró un aumento en la sincronización en fase bilateralmente en los electrodos frontales, temporales y occipito-parietales. Cabe mencionar que en este parámetro, en los pacientes esquizofrénicos se presentó una disminución de la sincronización entre regiones fronto-temporales y occipito-parietales comparados con los controles, para ambos tipos de respuesta y esta falta de sincronización en el hemisferio izquierdo lo que indicaría una falla en la correcta lateralización lo que probablemente contribuye a un déficit en la interacción social.

En otro estudio (2010), este mismo autor evaluó la actividad cortical mientras dos participantes realizaban esta misma tarea (UltimatumGame) y evaluó la potencia absoluta y su topografía y la sincronización entre áreas participantes en el proceso de toma de decisión. En el grupo de los que respondían, cuando el que proponía hacía una propuesta injusta, se presentaba un incremento significativo en la actividad de la banda beta entre los 300 y 700 ms después de que la propuesta había sido expuesta y se presentaba en el giro temporal medio/polo temporal y corteza orbitofrontal media. También se encontró un aumento de la banda beta entre los 500 y 700 ms después de la presentación de la oferta y la locación de este incremento se encontró en el giro postcentral, giro temporal superior y polo temporal. En la topografía de las señales se encontró un flujo significativo entre la región frontal derecha (F8) y la región prefrontal izquierda (Fp1) ante las propuestas injustas, 200 a 400 ms posterior a la propuesta.

## **Planteamiento del problema**

Los menores que crecen en ambientes de institucionalización presentan privación cognitiva y socio-afectiva, la cual se ha asociado con una alteración en el desarrollo de estructuras cerebrales tales como la corteza prefrontal, la corteza temporal y la corteza parietal, así como la conectividad anatómica y funcional entre dichas estructuras. Lo anterior se ha asociado con alteraciones a largo plazo en la conducta social. Una forma de aproximarse al entendimiento de las conductas en donde intervienen otras personas es a través de la toma de decisiones sociales y una herramienta para profundizar en éste análisis es a través del Ultimatum Game. La importancia en el estudio de este tipo de toma de decisión radica en el conocimiento detallado de los procesos que se encuentran implícitos en una decisión con contexto social y los factores que favorecen o perjudican el desarrollo de ésta función.

Por otro lado, una forma de evaluar la actividad neural durante la toma de decisiones sociales es a través de la actividad electroencefalográfica (EEG). La actividad EEG permite el análisis temporal detallado de las áreas cerebrales que participan en los procesos cognitivos asociados a la toma de decisiones. Debido a su gran resolución temporal, es posible realizar un registro EEG durante la ejecución del Ultimatum Game para evaluar el acoplamiento funcional entre distintas regiones cerebrales durante el momento exacto de la ejecución de la acción para conocer la actividad eléctrica cerebral durante la toma de decisión.

La importancia de profundizar en el estudio de las bases cerebrales de la toma de decisiones en etapas adolescentes se basa en la necesidad de determinar los factores ambientales presentes en la niñez, que pudieran relacionarse con alteraciones a largo plazo de diversos sistemas cerebrales que participan en la toma de decisión. En el caso de los adolescentes institucionalizados, determinar el efecto de la privación prolongada de estímulos cognitivos y socio – afectivos que se presentan en la institucionalización, sería de mucho interés para la neurociencia puesto que esto pudiera reflejar un patrón característico de la actividad EEG en estos menores. Por lo tanto, el objetivo del presente proyecto de investigación es caracterizar la correlación electroencefalográfica dentro de la corteza prefrontal, prefronto –

temporal y prefronto – parietal y evaluar el desempeño en un grupo de adolescentes institucionalizados durante la ejecución del Ultimatum Game y compararlas con los resultados obtenidos en un grupo de adolescentes sin antecedentes de institucionalización.

### **Objetivo General**

- Caracterizar la correlación prefrontal, fronto-parietal y fronto-temporal en adolescentes institucionalizados, durante la ejecución de la prueba Ultimatum Game

### **Objetivos Específicos**

- Caracterizar la correlación intrahemisférica prefrontal (Fp1-F3, Fp2-F4) durante la ejecución del Ultimatum Game en adolescentes institucionalizados.
- Caracterizar la correlación intrahemisférica prefrontal - parietal (Fp1-P3, Fp2-P4, F3-P3, F4-P4) durante la ejecución del Ultimatum Game en adolescentes institucionalizados.
- Caracterizar la correlación intrahemisférica prefrontal - temporal (Fp1-T3, Fp2-T4, F3-T3, F4-T4) durante la ejecución del Ultimatum Game en adolescentes institucionalizados.
- Evaluar el desempeño en la ejecución del Ultimatum Game en adolescentes institucionalizados a través de la cantidad de dinero acumulado.

### **Hipótesis General**

- La correlación EEG entre regiones dentro de la prefrontal, fronto-parietales, fronto – temporales y presentará diferencias durante la prueba Ultimatum Game entre un grupo de adolescentes institucionalizados y un grupo no institucionalizado.

## Hipótesis Específicas

- La correlación frontopolar - dorsolateral (Fp1-F3, Fp2-F4) será menor en adolescentes institucionalizados durante las respuestas rechazadas y aceptadas del Ultimatum Game en comparación con el grupo de adolescentes no institucionalizados.
- La correlación fronto – temporal (Fp1-T3, Fp2-T4, F3-T3, F4-T4) será menor en adolescentes institucionalizados durante las respuestas rechazadas y aceptadas del Ultimatum Game en comparación con el grupo de adolescentes no institucionalizados.
- La correlación prefronto – parietal (Fp1-P3, Fp2-P4, F3-P3, F4-P4) será menor en adolescentes institucionalizado durante las respuestas rechazadas y aceptadas del Ultimatum Game en comparación con el grupo de adolescentes no institucionalizado.
- Los adolescentes institucionalizados terminarán el juego con una menor cantidad de dinero acumulado en comparación al grupo control.

## Metodología

### Participantes

En este estudio participaron 20 adolescentes divididos en dos grupos: un grupo de adolescentes institucionalizados (INST) y un grupo de adolescentes no institucionalizado (sin antecedentes de institucionalización) (NINST) que habitaban dentro de su núcleo familiar (Figura, 11).

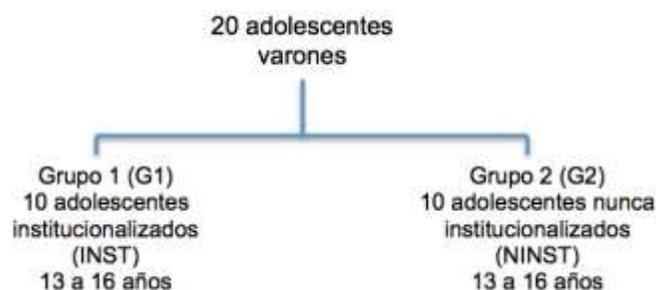


Figura 11. Participantes incluidos en este estudio.

### **Criterios de inclusión**

- Diestros de 13 a 16 años de edad.
- Estudiantes de secundaria o preparatoria.
- Sin antecedentes de tratamiento psiquiátrico o neurológico.
- Con parámetros normales de atención y concentración valorados por la Evaluación Neuropsicológica Breve en Español (NEUROPSI) (Ostrosky-Solis, Gómez, Matute, Roselli, Ardila y Pineda, 1997)
- CI superior a 70 (Wechsler, 2003) (Wechsler, 1997).
- En el caso de los adolescentes institucionalizados (INST), deben haber vivido en una institución asistencial 75% de su vida (aproximadamente a partir de los 4 años de edad).
- En el caso de los adolescentes no institucionalizados (NINST), deben estar viviendo y haber vivido el 75% de su vida en un núcleo familiar consanguíneo.

### **Variables independientes**

- Grupos
  - Adolescentes institucionalizados(13 a 16 años)
  - Adolescentes no institucionalizados (13 a 16 años)
- Condiciones de registro
  - Respuestas rechazadas
  - Respuestas aceptadas

### **Variables dependientes**

- Variables conductuales
  - Cantidad total de dinero acumulado
- Variables electroencefalográficas
  - Correlación intrahemisférica (Fp1-F3, Fp2-F4F3-T3, F4-T4, Fp1-T3, Fp2-T4, Fp1-P3, Fp2-P4, F3-P3, F4-P4).

### **Materiales y método**

El estudio se llevó a cabo en dos fases:

**Fase 1.** Se hizo contacto con cuatro instituciones orfanatorias que se encontraban funcionando bajo la Norma Oficial Mexicana NOM-032-SSA3-2010, de la Asistencia social (Prestación de servicios de asistencia social para niños, niñas y adolescentes en situación de riesgo y vulnerabilidad), en las ciudades de Mérida, Yucatán, Cancún Quintana Roo y Guadalajara, Jalisco. Estas instituciones tenían en su población jóvenes adolescentes de 13 a 16 años de edad, que habían vivido en esta institución o en otras de los mismos fines, desde antes de los 5 años de vida. En todas las instancias, se hizo contacto con el director de la institución para plantear el objetivo del estudio, los procedimientos, las evaluaciones y los resultados y para llevar a cabo la investigación. Se procedió a invitar a los adolescentes a participar de manera voluntaria en la investigación. Con respecto a la autorización del representante legal, en los casos en los que la patria potestad del adolescente estaba a cargo del Estado, se solicitó la firma de la directora de la Procuraduría de la Defensa del Menor y de la Familia en el estado de Yucatán y del director de la institución en las ciudades de Cancún y Guadalajara. En caso del grupo no institucionalizado, en el que la patria potestad del menor la tenían los padres, se procedió a contactarlos para invitarlos (Figura 11) y recabar la firma de autorización del consentimiento informado (Anexo formato A). Los niños no institucionalizados fueron recutados de escuelas secundarias de la comunidad.

Una vez que se consiguieron las autorizaciones pertinentes por escrito, se procedió con las evaluaciones dentro de las instalaciones, a fin de determinar los criterios de inclusión: se les realizaron las siguientes pruebas para determinar que cumplieran con el coeficiente intelectual mínimo para ser incluidos y con los requerimientos necesarios de atención, memoria y concentración:

**NEUROPSI:** Instrumento de valoración neuropsicológica que evalúa en detalle tipos de atención entre los que se encuentran la atención selectiva, sostenida y el control atencional; así como tipos de memoria incluyendo la memoria de trabajo, la memoria de corto plazo y de largo plazo para material espacial y verbal. En esta prueba se evaluaron como criterios de inclusión:

Atención y concentración: Se utilizó para evaluar la habilidad del participante para enfocar y sostener la atención, antes de evaluar funciones más complejas como la memoria. Solamente se realizaron las siguientes subpruebas:

- Prueba de detección visual:
- Prueba de detección de dígitos
- Prueba de series sucesivas
- Prueba de retención de dígitos en progresión y en regresión

El sistema de calificación aporta datos cualitativos y cuantitativos. Se cuantifican los datos naturales y los crudos y se convierten a puntuaciones normalizadas. Las calificaciones se pueden obtener de manera separada mediante las pruebas de atención, las pruebas de memoria o las pruebas de ejecución global de atención y memoria, con el fin de delimitar puntualmente el tipo de deficiencia en caso de así tenerla ya sea atencional o mnésica.

Tanto para la puntuación global como para las diversas subpruebas, los parámetros de normalización nos permiten obtener un grado o nivel de alteración de las funciones cognoscitivas que se clasifican en: normal alto, normal, alteraciones leves o alteraciones severas.

En el caso del presente proyecto de investigación solamente se incluirán a participantes que presenten niveles normales y normales altos en las puntuaciones de esta prueba. De esta forma se comprobó que el participante cuenta con las habilidades de atención suficientes para realizar la prueba.

**Escala de Inteligencia de Wechsler para adultos (WAIS III):** Es un instrumento clínico de aplicación individual para la evaluación de la capacidad intelectual de adultos que tienen entre 16 y 89 años de edad cuyas 14 subpruebas miden una faceta diferente de la inteligencia. En este estudio solamente se realizaron dos de las subpruebas a los participantes del mayores de 16 años, las cuales son:

- Diseño de cubos: Un conjunto de patrones geométricos modelados o impresos en dos dimensiones que el participante reproduce utilizando cubos bicolors.

- Vocabulario: Una serie de palabras presentadas de manera oral y visual y que la persona debe definir verbalmente.

La calificación se obtiene con base en la calificación cruda y la calificación escalar y ésta última se utiliza para la obtención del Coeficiente intelectual (CI) y se obtiene estandarizando la puntuación cruda y sumándole las puntuaciones crudas de las demás subpruebas que se necesiten evaluar. El resultado es multiplicado por 3 y al siguiente resultado le es agregado 40.

**Escala de Wechsler de Inteligencia para Niños (WISC IV):** Esta prueba se realiza a participantes entre los 6 años y los 16 años 11 meses de edad y se usaron para evaluar el coeficiente intelectual (CI) de los participantes de menores de 16 años. El WISC IV, emplea 15 test en general, sin embargo para la inclusión de participantes, se aplicaron solamente dos subpruebas de todo el conjunto:

- Vocabulario: Buena medida del conocimiento o dominio que tiene el sujeto sobre el lenguaje y la comprensión de las diferentes palabras que lo componen. También nos da una idea acerca de sus recursos para manejar palabras y construir una explicación verbal coherente a la demanda
- Diseño de cubos: Supone una buena medida de la coordinación visomotora.

Las calificaciones probables son las siguientes (WAIS III y WISC IV):

- Muy bajo: Menor o igual a 69
- Límite: 70 a 79
- Promedio bajo: 80 a 89
- Promedio: 90 a 109
- Promedio alto: 110 a 119

En este proyecto de investigación solamente fueron incluidos los participantes que contaron con un CI estimado por encima de 70.

**Children Depression Inventory(CDI)**(Kovacs, 2004). Esta es una prueba de 27 ítems, que describe los sentimientos y los pensamientos de los adolescentes durante las dos semanas previas, las cuales están relacionadas con un estado de depresión y de desorden distímico. El formato de respuesta está basada en

una escala de “1,2,3”, acorde al grado de depresión reflejado en una de las tres respuestas emitidas para cada ítem. Ejemplos de las posibles respuestas son: “Casi nunca estoy triste”, “Muy frecuentemente estoy triste”, “Siempre estoy triste”. La sintomatología depresiva se considera cuando se obtiene un score mayor de 70.

**Escala de Ansiedad Infantil de Spence (SCAS)** (Spence Children Anxiety Scale, 1998). Se desarrolló para evaluar la severidad de los síntomas de ansiedad acorde a los síntomas del trastorno de ansiedad del DSM-IV. La escala evalúa seis dominios de ansiedad incluyendo ansiedad generalizada, fobias, fobia social, ansiedad por separación, trastorno obsesivo compulsivo y miedos por lesiones físicas.

**Escala Child PTSD Symptom Scale (CPSS)** (Bustos, Rincón y Aedo, 2009): esta escala se utiliza para determinar la presencia del TEPT. La escala está basada en los criterios diagnósticos del DSM-IV-TR y consta de 17 preguntas, a la que se puede responder del 1 al 4 en escala Likert, en dependencia con la frecuencia de los síntomas. Se consideraron la presencia de TEPT como el DSM-IV-TR lo establece, como mínimo 1 síntoma de re experimentación, 3 síntomas de evitación y 2 síntomas de activación durante el último mes. Se consideraron como síntoma presente a partir del 3 en esta escala Likert. Además se consideraron una puntuación mínima de 24 puntos para el grupo TEPT-ASI, ya que el CPSS es a partir de esta puntuación que establece se encuentra presente un TEPT alto.

Una vez analizadas estas pruebas, los participantes que cumplían que los criterios de inclusión pasaban a la segunda fase en la cual se agendaba una cita con el director de la institución para que fueran trasladados, en el día indicado, al lugar de registro para la realización de la tarea y el registro electroencefalográfico. A la par de este procedimiento se realizó el contacto con una institución escolar secundaria (del mismo estrato socioeconómico, ambos bajos estratos), interesadas en permitir extender una invitación a los padres de familia para que sus hijos, de 14 a 18 años, participen en el estudio. Posterior a la invitación y a la explicación del objetivo del estudio, los procedimientos, las

evaluaciones y los resultados esperados a los padres de familia, se les pidió a los que aceptaron que sus hijos participen en la investigación, dieran su autorización por escrito a través del formato de consentimiento informado (Anexo formato A) para constar la participación voluntaria de su hijo adolescente en el estudio y se procedió a agendar una cita para la realización de la tarea y el registro EEG. También, se agendaba una cita con el menor, (antes de la cita del registro EEG) y con la escuela para realizar las pruebas de inclusión para esta investigación (las cuales son las mismas que se realizaron en el grupo institucionalizado).

**Fase 2.** El procedimiento se llevó a cabo en salones de clases o bibliotecas que presentaban las mismas dimensiones y las mismas características de iluminación y ventilación. Primero se les ponía una película a los participantes, con el fin de que se mantuvieran entretenidos durante la colocación de los electrodos, puesto que este puede ser un proceso tedioso y cansado para cualquier adolescente. La película fue la misma para todos los participantes (la película fue la misma para todos los participantes). Posteriormente, se procedía a la colocación de electrodos, previa limpieza del cuero cabelludo con alcohol en gel y con Nuprep, se colocaban los electrodos en el cuero cabelludo de la cabeza del sujeto, según el sistema internacional 10-20 (Jasper, 1958) de colocación de electrodos, en las regiones F3 y F4 (regiones prefrontal dorsolaterales), T3 y T4 (regiones temporales anteriores), en la frente en las regiones Fp1 y Fp2 (regiones frontopolares), en los lóbulos de ambas orejas, para utilizar estos puntos de referencia, en la región frontal supranasal para obtener el efecto de tierra y en la muñeca derecha, para registrar la frecuencia cardíaca y limpiar la señal de este artefacto. Posteriormente, se medían las impedancias con un medidor de impedancias de electrodos marca GRASS modelo EZM 4 buscando que las impedancias fueran lo más homogéneas posibles y con un valor inferior a los 10 Ohms.

El registro EEG se realizaba en dos etapas: en la primera etapa se llevaba a cabo el registro de línea basal, el cual es un registro EEG que se le realizaba

al sujeto estando sentado cómodamente en una silla, con musculatura relajada, con ojos abiertos. Además, se le pedía al participante parpadear lo menos posible, no moverse y mirar un punto fijo durante 3 minutos de registro. Posterior a esta etapa, se daban otros 3 minutos aproximadamente de descanso, posterior a los cuales continuaba el estudio y se procedía a explicar la tarea.

Antes de empezar la segunda etapa se les explicaba a los participantes que realizarían la prueba UltimatumGame, versión computarizada (UltiGamePC) (Hevia-Orozco, Sanz-Martín, Hidalgo-Aguirre, Hernández-González; Guevara, 2014). Se colocaba una computadora laptop de 15 pulgadas, con procesador Intel Centrino con sistema operativo Windows XP, a 40 cm enfrente del sujeto. Al participante se le daba una botonera que permitía emitir las respuestas del juego y que al mismo tiempo hacía el marcaje del momento de la respuesta en el registro electroencefalográfico. Con la prueba lista en la computadora, se les indicaba las instrucciones necesarias para realizar la tarea: se les explicaban la dinámica del Ultimatum Game utilizando las instrucciones en la pantalla de la computadora y posterior a la comprobación de pleno entendimiento de estas instrucciones, se les permitía ejecutar 5 ensayos de prueba sin acumulación de dinero ni registro EEG. Posteriormente, se daban las indicaciones necesarias para el registro: parpadear y moverse lo menos posible y adoptar una posición corporal cómoda y relajada. En este momento se le solicitaba a un ayudante adolescente que se sentara en el lugar en donde se había colocado previamente una computadora portátil (5 m de distancia aproximadamente entre uno y otro) que se conectaba por medio de un cable, a través de puerto USB con la computadora del participante a registrar. Se le indicaba que ese era el otro jugador del UltiGamePC (Figura 12), sin embargo, la función de el otro joven sólo era la de dar la idea de la interacción social, puesto que las propuestas fueron preestablecidas desde antes por el investigador.



Figura 12. Imágen en donde se muestra al participante y al jugador 1 durante la ejecución del Ultimatum Game y del registro EEG simultáneo

Se realizaba la prueba UltimatumGame, con registro electroencefalográfico simultáneo. Se jugaba 3 bloques de 20 propuestas (proporción de propuestas de 5 justas, 15 injustas). El registro EEG finalizaba cuando el participante respondía las 20 propuestas que se les presentaba (4 min aproximadamente).

### **Electroencefalograma**

El registro EEG se realizó en las derivaciones Fp1, Fp2, F3, F4, T3 y T4 de acuerdo al Sistema Internacional 10-20 de colocación de electrodos (Jasper, 1958) (Ver figura 13), con orejas cortocircuitadas como referencia. Las bandas a registrar fueron: Delta (1-3.5 Hz), Theta (4-7.5 Hz), Alfa-1 (8-10.5 Hz), Alfa-2 (11-13.5Hz), Beta-1 (14-19.5 Hz), Beta-2 (20-30 Hz) y Gamma (31-50 Hz). Se colocaron además electrodos en la muñeca izquierda para medir la frecuencia cardiaca, en los ojos derecho e izquierdo para medir los artefactos que pudiesen interferir con el registro y un electrodo en la región supranasal para producir el efecto de tierra.

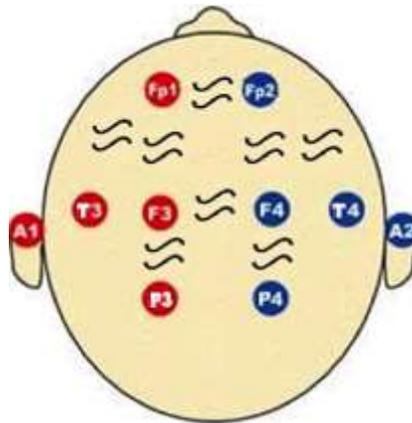


Figura 13. Representación de la colocación de electrodos de acuerdo al Sistema Internacional 10-20 (Jasper, 1958) para registros de actividad EEG.

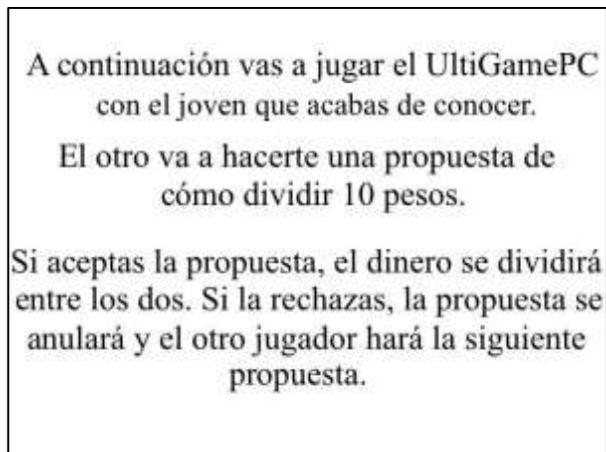
El EEG se registró en un amplificador digital Neuroscan-NuAmps con una frecuencia de 500 Hz (filtros entre 1-50 Hz) y, simultáneamente, se almacenó en un ordenador con el programa Scan 4.4. Se utilizaron electrodos tipo platillo (marca Grass) con cubierta de plataclorurada. La impedancia de cada uno era de menos de 10 KOhms. Las muestras fueron tomadas de 1000 puntos a una frecuencia de muestreo de 500Hz. Se revisaron los registros EEG fuera de línea a través del programa CHECASN (Guevara, Sanz-Martín, Corsi-Cabrera, Amezcua-Martínez y Hernández-González, 2010) para eliminar segmentos contaminados y posteriormente se obtuvieron los valores normalizados de la Correlación Interhemisférica ( $rTER$ ) a través del programa EEGMagic (Guevara y Hernández-González, 2009).

### **UltiGamPC (Ultimatum Game versión computarizada)**

En la presente investigación se utilizó la prueba UltimatumGame versión computarizada (UltiGamPC) (Hevia-Orozco, Sanz-Martín, Hidalgo-Aguirre, Hernández-González y Guevara, 2014), desarrollada en el Instituto de Neurociencias de la Universidad de Guadalajara por el Dr. Miguel Ángel Guevara. El Ultimatum Game es un juego en donde se evalúa la interacción social entre 2 jugadores: uno que tiene el papel como el que propone divisiones de una cantidad de dinero y otro como el que responde a las propuestas. En este estudio, los participantes evaluados jugaban como los que responden las

propuestas (o jugador 2). Así mismo, en este estudio, el que propone o jugador 1 se presentaba de manera presencial. Es decir, el que propone o jugador 1 se presentaba en la sala al momento en el que se iniciaba el juego para producir el efecto de la interacción social. Sin embargo, todas las propuestas fueron preestablecidas (\$180 disponibles) desde antes del inicio del registro, dejándole creer al participante que estaba jugando con el jugador 1 de manera interactiva. En este juego, el que propone sugiere una división de una cantidad de dinero y el que responde debe aceptar o rechazar la oferta. Si acepta, se realiza la división propuesta, si rechaza la oferta, el dinero no se divide y no hay nada para nadie. El que responde, acepta o rechaza la propuesta dependiendo, que tan justa o injusta la considere para sus intereses personales. En esta versión computarizada, la tarea iniciaba con una pantalla color negro y un recuadro color gris con las opciones “Archivo de resultados” e “Iniciar el juego”.

Posterior a 5 ensayos de prueba para que el participante entendiara y se familiaricara con el UltiGamePC, se daba inicio al juego y al registro EEG simultáneo. El juego iniciaba tocando la pantalla en la opción “Iniciar el juego”. Posteriormente, la pantalla cambiaba a otra en donde aparecen las siguientes instrucciones (Figura 14):



A continuación vas a jugar el UltiGamePC  
con el joven que acabas de conocer.  
El otro va a hacerte una propuesta de  
cómo dividir 10 pesos.  
Si aceptas la propuesta, el dinero se dividirá  
entre los dos. Si la rechazas, la propuesta se  
anulará y el otro jugador hará la siguiente  
propuesta.

Figura 14. Representación gráfica de las instrucciones iniciales del Ultimatum Game versión computarizada.

Posterior a tocar la pantalla, se desplegaba otro recuadro con las siguientes instrucciones (Figura 15):

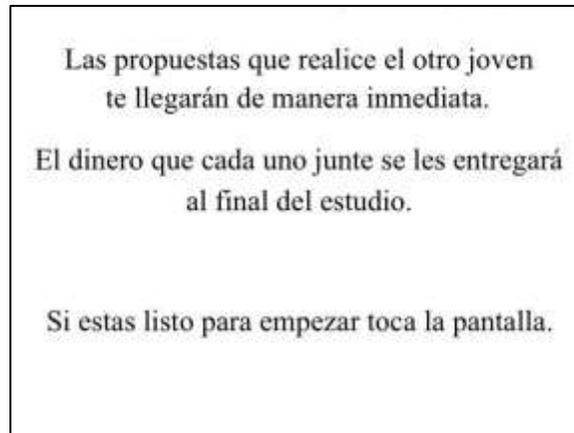


Figura 15. Representación gráfica de las instrucciones secundarias del Ultimatum Game versión computarizada.

Posteriormente daba inicio el juego ya sea con una propuesta justa (Figura 16):



Figura 16. Representación gráfica de una propuesta justa del Ultimatum Game versión computarizada.

O injusta (Figura 17):

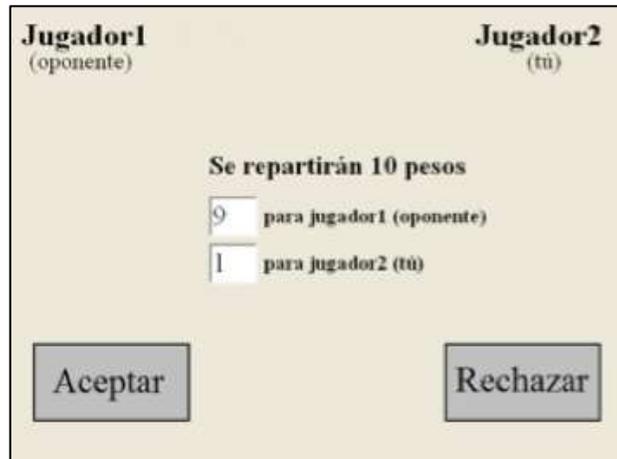


Figura 17. Representación gráfica de una propuesta injusta del Ultimatum Game versión computarizada.

Es indispensable mencionar que al inicio del juego, se le indicaba al participante que recibiría el dinero acumulado durante el juego, posterior a la finalización del total de registros del proyecto. El total del juego consistía en 3 bloques de 20 propuestas con una proporción entre propuestas justas e injustas de 15:5, cada uno. Previamente se realizaban 1 bloque de 5 ensayos de prueba con una proporción de respuestas justas e injustas de 4:1. Las propuestas eran consideradas como justas (5:5) e injustas (9:1, 8:2, 7:3, 6:4). Las respuestas se agrupaban (Aceptada o Rechazada) para controlar las variables estadísticas. Se tomó en cuenta el siguiente parámetro conductual:

- Cantidad total de dinero acumulado

### **Diseño experimental**

Primero se hacía el contacto con las instituciones orfanatorias y educativas (nivel secundaria o preparatoria) interesadas en participar en el proyecto de investigación. En el caso de los adolescentes víctimas de abuso infantil, se contactó con la institución orfanatoria y en caso de aceptar, se invitó a los adolescentes internos a participar voluntariamente, para después conseguir la autorización de sus representantes legales a través de la firma del consentimiento informado por autoridades correspondientes (en caso de que el adolescente esté bajo la tutela del estado) o se buscó la firma de autorización

por parte del padre o tutor (en caso de que la patria potestad no pertenezca al estado), para autorizar participación del menor al estudio. Posteriormente los adolescentes eran evaluados con las pruebas ya mencionadas, en las instalaciones del mismo instituto. Después de revisar las pruebas, se agendaba cita (con el responsable de la institución) para el registro de los adolescentes que hubieran cumplido con todos los requisitos de ingreso. En el caso de los participantes de escuelas, se invitó a los padres de familia (Figura 18) y cuando aceptaban que su hijos participaran, se firmaba el consentimiento informado y se procedía a realizar las pruebas de evaluación en una sesión y el registro EEG en otra sesión.



Figura 18. Imágen en donde se muestra la sesión de invitación a los padres de familia de los adolescentes del grupo no institucionalizado.

Al acudir a la cita de registro, se procedía a la colocación de electrodos y posteriormente se realizaba el registro basal de 3 minutos con ojos abiertos, posteriores a los cuales se permitía a los participantes descansar por otros 3 minutos. Después se realizaba la prueba UltiGamePC y registro EEG simultáneo con duración de 2 minutos, posteriormente, se hacía un descanso de 2 minutos y luego otros dos bloques de 2 minutos con descanso de 2 min entre ellos (Ver Figura 19).

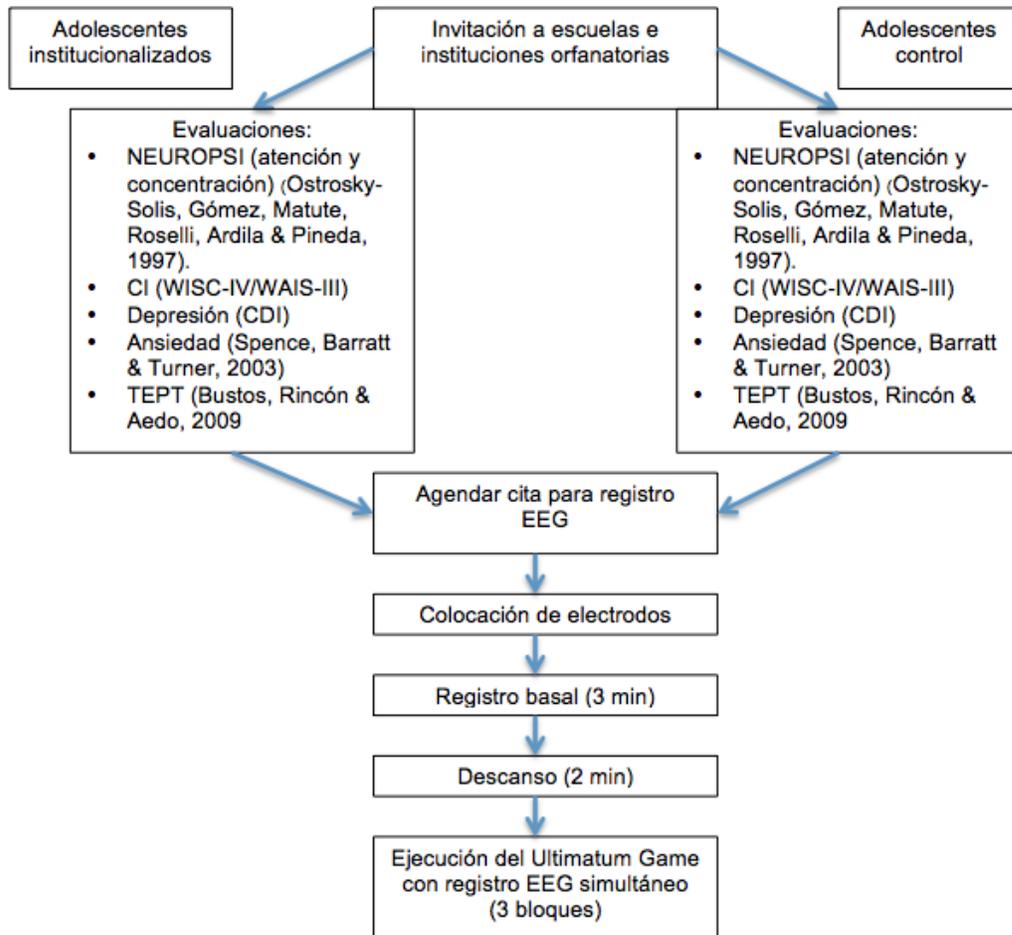


Figura 19. Diagrama que muestra los pasos del diseño experimental a seguir en este proyecto de investigación.

### Análisis estadístico

El análisis estadístico fue un diseño mixto (parcelas divididas) de dos factores. El primer factor son los 2 grupos y el segundo son las condiciones de registro del EEG: respuestas rechazadas y respuestas aceptadas.

Las variables electroencefalográficas fueron en la correlación intrahemisférica (Fp1-F3, Fp2-F4, Fp1-T3, F3 – T3, F4 – T4, Fp2-T4, F3-P3, F4-P4) para cada banda. A través del programa de registro y análisis Neuroscan 4.4 se separaron las las épocas aceptadas de las épocas rechazadas. Cada época consistió en 500 ms previos y 500 ms posteriore a cada evento.

Para las variables conductuales, se realizó una t de Student para grupos independientes por cada variable.

## Resultados

Con el fin de disminuir los efectos de variables extrañas para el análisis, se hizo un pareo entre los participantes de los dos grupos basada en: edades y coeficiente intelectual (CI medio del grupo institucionalizado = 86.2, E.S. = 3.747 y CI medio del grupo no institucionalizado = 83.2, E.S. = 2.417). Las parejas de adolescentes pareados quedaron de la siguiente manera (Tabla 3):

Tabla 3. Tabla que muestra el pareo de los participantes de ambos grupos.

Tabla de adolescentes correlacionados	
Adolescentes institucionalizados	Adolescentes NO institucionalizados
01. Edad: 15 CI: 94	7. Edad: 15 CI: 88
02. Edad: 15 CI: 76	22. Edad: 14 CI: 79
44. Edad: 14 CI: 79	28. Edad: 14 CI: 76
14. Edad: 14 CI: 106	25. Edad: 13 CI: 88
15. Edad: 16 CI: 91	27. Edad: 15 CI: 88
17. Edad: 14 CI: 100	18. Edad: 14 CI: 97
40. Edad: 15 CI: 91	21. Edad: 13 CI: 88
41. Edad: 13 CI: 79	20. Edad: 13 CI: 79
42. Edad: 15 CI: 70	24. Edad: 15 CI: 73
46. Edad: 15 CI: 76	26. Edad: 14 CI: 76

## Caracterización de la muestra

A continuación se presenta las características del grupo institucionalizado (Tabla 4). En esta tabla se expresan los siguientes parámetros: NF: negligencia física; NE: negligencia emocional; Psi: violencia psicológica; Fis: violencia física; Ant Tx psiq: antecedentes de tratamientos psiquiátricos; SCAS: Spence Children

Anxiety Scaleo Escala de Ansiedad Infantil de Spence; CI: Coeficiente Intelectual; TEPT: Trastorno de Estrés Postraumático; CDI: Child Depression Inventory o Inventario de Depresión Infantil.

Tabla 4. Caracterización de la muestra de los adolescentes institucionalizados.

Edad	Edad ingreso	Tipo de abuso					Ant Tx psiq	SCASS	Escolaridad	CI	TEPT	Atención/ Concentra	CDI
		NF	NE	Psi	Fis	Sex							
15	9 meses aprox	X					65	Secundaria	94	2	NL/NL	58	
15	2 años	X	X	X		Sertralina 08/14	59	Secundaria	76	0	NL/NL	55	
16	4 años	X	X	X			56	Preparatoria	112	4	NL/NL	43	
16	3 años	X	X	X	X	Fluoxetina 08/12	67	Preparatorio	85	10	NL/NL	50	
14	2 años	X					52	Secundaria	106	0	NL/NL	48	
16	Nacimiento	X					47	Preparatoria	91	0	NL/NL	43	
14	2 años	X					62	Secundaria	100	0	NL/NL	47	
15	2 años	X	X				57	Secundaria	70	5	NL/NL	35	
15	4 años	X		X			66	Secundaria	76	9	NL/NL	53	
14	3 años	X		X			61	Secundaria	79	0	NL/NL	53	

## Resultados conductuales

No se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos, de tal forma que ambos grupos tuvieron la misma cantidad de dinero acumulado al final del juego, posterior a rechazar y aceptar las propuestas justas e injustas recibidas (INST, M=113, E.S.=8.260; NINST, M=119.9, E.S.=4.552,  $p \leq 0.495$ ) (Figura 20).

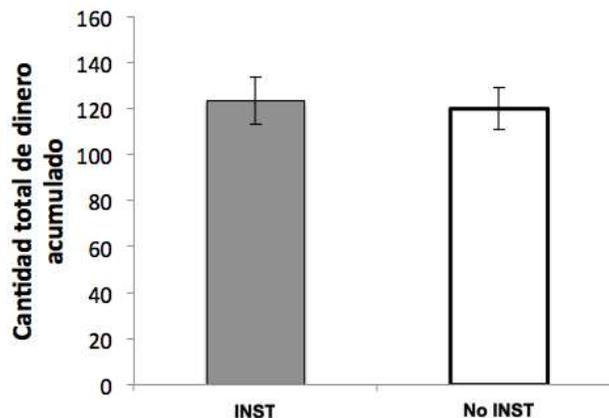


Figura 20. Media  $\pm$  2 E.S. de la cantidad total de dinero acumulado obtenidos por los participantes de los diferentes grupos.

## Resultados electroencefalográficos

### Correlación intrahemisférica prefrontal frontopolar – dorsolateral (Fp1-F3, Fp2-F4)

Con respecto a la correlación intrahemisférica frontopolar – dorsolateral derecha (Fp2-F4), no se encontraron diferencias significativas (Anexos). En relación a la correlación intrahemisférica prefrontal frontopolar – dorsolateral izquierda (Ver Figura 21), se encontró una mayor correlación en el grupo INST en comparación con el grupo NINST en la banda delta durante la aceptación de las propuestas ( $F_{1,27} = 15.48, p \leq .015$ ), así como una mayor correlación en el grupo INST en comparación al grupo NINST en la banda alfa-1 durante el rechazo de propuestas ( $F_{1,27} = 9.39, p \leq .003$ ).

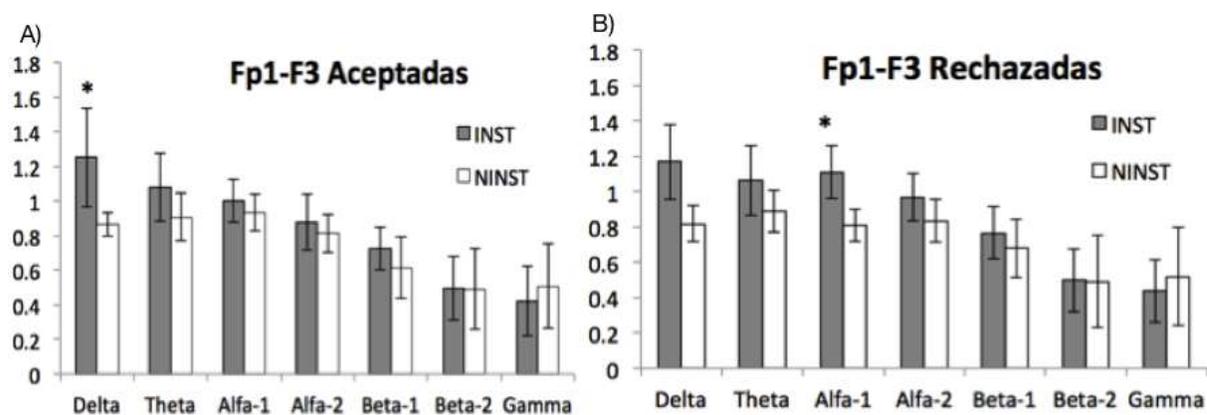


Figura 21. Media  $\pm$  2 E.S. de la correlación intrahemisférica frontopolar - dorsolateral izquierda (Fp1-F3) que presentaron los participantes en todas las bandas EEG durante la aceptación (A) y durante el rechazo de propuestas (B).

### Correlación intrahemisférica prefronto – temporal (Fp1 – T3, Fp2 – T4, F3 – T3, F4-T4)

Entre la correlación prefronto – temporal derecha (Fp1 – T3, Fp2 – T4, F4-T4) no se encontraron diferencias significativas entre los grupos (Anexos). En la correlación frontopolar – temporal (Fp1 – T3), tampoco se encontraron diferencias significativas, sin embargo, sí se encontró una menor correlación intrahemisférica entre regiones prefrontales dorsolaterales y temporales izquierdas (F3 – T3) en la banda gamma durante la aceptación de propuestas ( $F_{1,27} = 4.30, p \leq .006$ ) y durante el rechazo de propuestas ( $F_{1,27} = 4.30, p \leq .006$ ).

.007) en el grupo INST en comparación con el grupo NINST (Ver Figura 22).

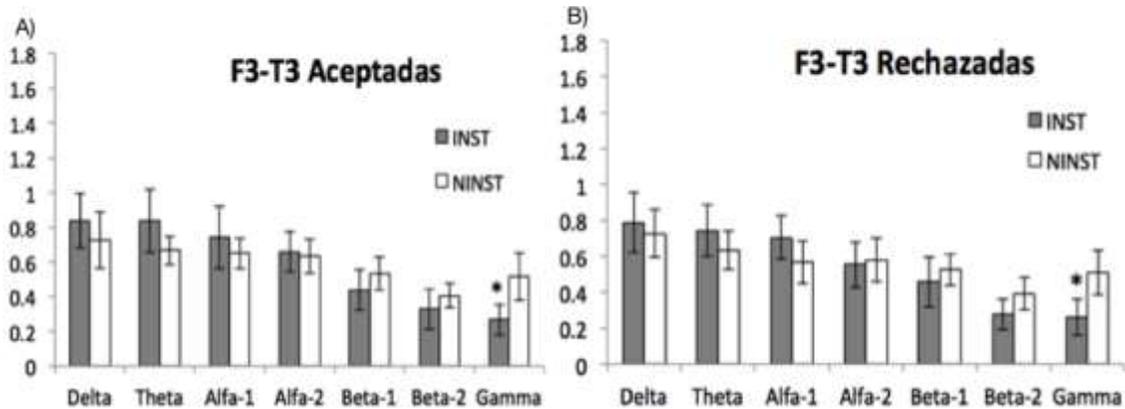


Figura 22. Media  $\pm$  2 E.S. de la correlación intrahemisférica dorsolateral - temporal izquierda (Fp1-T3) que presentaron los participantes en todas las bandas EEG durante la aceptación de propuestas (A) y durante el rechazo de propuestas (B).

#### Correlación intrahemisférica prefronto – parietal (Fp1 – P3, F3 – P3, Fp2 – P4, F4 – P4)

Con relación a las áreas frontopolar – parietal (Fp1 – P3, Fp2 – P4) no se encontraron correlaciones significativas (Anexos). En cuanto a la correlación entre las áreas dorsolaterales y parietales izquierdas (F3-P3) (Ver Figura 23), los resultados mostraron una correlación menor en el grupo de INST en la banda gamma durante la aceptación de propuestas ( $F_{1,27} = 14.88, p \leq .009$ ), así como una mayor correlación en el grupo NINST en comparación con INST en la banda de delta en el hemisferio derecho (F4 - P4) ( $F_{1,27} = 6,63, p \leq 0,006$ ). No se detectaron interacciones entre los grupos.

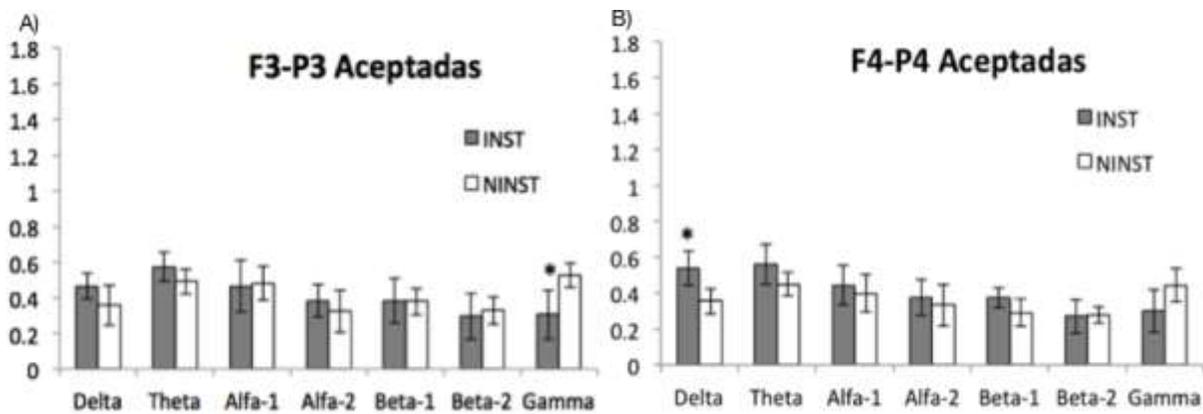


Figura 23. Media  $\pm$  2 E.S. de la correlación intrahemisférica prefronto - parietal izquierda (A) (F3-P3) y derecha (B) (F4-P4) que presentaron los participantes en todas las bandas EEG durante la aceptación de propuestas.

## Discusión

En este proyecto no se encontraron diferencias significativas en el parámetro conductual, esto es en la cantidad total de dinero acumulado al final de la ejecución del Ultimatum Game. En los resultados electroencefalográficos se encontró una menor correlación EEG frontopolar – dorsolateral durante la aceptación y el rechazo de propuestas, una menor correlación EEG prefronto – temporal durante ambas respuestas y una mayor EEG correlación prefronto – parietal derecha durante la aceptación de propuestas y una menor correlación EEG prefronto – parietal izquierda también durante la aceptación de propuestas.

## Resultados conductuales del Ultimatum Game

El patrón de impulsividad descritos para los grupos INST en estudios previos (McDermott, y cols., 2012), nos llevó a esperar que el grupo INST acumularía menos dinero que NINST, debido a una serie de reacciones emocionales relacionados con propuestas injustas (75% de los ensayos en total). Se había anticipado que los adolescentes INST serían menos capaces de sacrificar algo de ganancia financiera con el fin de obtener al menos un poco de dinero, tal vez debido a una mayor reactividad emocional-social. Sin embargo, a diferencia de nuestras expectativas, no se observaron diferencias entre los grupos, ya que

ambos grupos acumularon un promedio de \$120 pesos. La cantidad total disponible a lo largo de todas las propuestas era de \$185, de tal forma que si los participantes hubieran aceptado todas las propuestas, indistintamente si fueran justas o injustas, la cantidad total de dinero que se hubiesen llevado sería mucho mayor a la que obtuvieron en promedio (diferencia de \$65). Este patron conductual hubiese sido el más utilitario posible. Aquí es necesario considerar que los adolescentes que participaron en ambos grupos provenían de familias de un estrato socio-económico bajo, en donde el acceso al dinero no sería igual de fácil que sería para adolescentes con un estrato socio – económico alto. Sin embargo, acorde al total de dinero acumulado, los participantes de ambos grupos estaban dispuestos a sacrificar una cantidad de dinero considerable. Esto ha sido demostrado en otros estudios en donde se ha utilizado el juego del dictador, un juego en el que se evalúa el altruismo de los participantes. En este estudio se comprobó que a partir de los 9 años de edad, los menores de estrato socio – económico bajo son menos altruistas en comparación a menores de estrato alto. Esto fue medido a través de la cantidad de dinero donado a sus pares. (Benenson, Pascoe y Radmore, 2007). El factor social - moral pudiera ser uno de los factores implicados en la presentación de éste patron conductual, al ser injustas la mayor proporción de propuestas del juego. Sin embargo, se requieren estudios complementarios para determinar la motivación de los adolescentes institucionalizados.

### **Resultados electroencefalográficos**

En relación a nuestro hallazgo de una mayor correlación entre regiones Fp1 – F3 en la banda delta durante la aceptación de propuestas en el grupo INST en comparación al grupo NINST, otros estudios han encontrado resultados similares en esta banda durante la ejecución del Wisconsin Card-Sorting Test (Rizo-Martínez, y cols., 2015). De manera similar, se ha encontrado en estudios previos, una mayor coherencia entre electrodos frontales izquierdos en niños con deficiencias en el aprendizaje en comparación con niños sin problemas de aprendizaje (Marosi, y cols., 1992) y en niños que provenían de familias de

escasos recursos (Harmony, Marosi, Díaz de León, Becker y Fernández, 1990). Por otro lado, la banda delta ha sido asociada con inmadurez (Gasser, Rousson, y Schreiter Gasser, 2003). Es necesario mencionar que durante el registro de la línea de base de ambos grupos (EEG en reposo), se obtuvieron diferencias significativas entre los grupos en correlación delta banda (en preparación), por lo que la mayor correlación en la banda delta en adolescentes INST podría estar relacionada con la ya establecida inmadurez estructural en la corteza prefrontal izquierda, en lugar de los procesos relacionados con las capacidades cognitivas necesarias para jugar el Ultimatum Game. Considerando que uno de los factores que afectan el desarrollo de los menores institucionalizados es la falta de estimulación socio – afectiva, este patrón de inmadurez podría estar asociado con lo que se ha encontrado en menores con antecedentes de negligencia como por ejemplo una menor conectividad funcional entre la corteza prefrontal ventromedial, la corteza prefrontal dorsolateral, la corteza prefrontal ventromedial, el tálamo, la ínsula, el hipocampo, la amígdala y el cerebelo (Wang y cols., 2013). Este hallazgo también resalta la sensibilidad de la banda de delta a los factores ambientales y la estimulación cognitiva ya que en informes anteriores ha mostrado una disminución gradual de las bandas lentas como delta, durante la ejecución de la tarea Continuous Performance Task (una tarea que evalúa el control inhibitorio), en un grupo de niños asignado a un enriquecimiento ambiental en comparación a un grupo de niños que permanecieron bajo los estímulos cotidianos (Raine y cols., 2001).

Por otro lado, nos encontramos en los participantes INST una mayor correlación izquierda en la banda alfa-1 entre Fp1-F3 durante el rechazo de las propuestas. Consideramos que esta reacción pudiera reflejar una disminución en la motivación en la conducta de aproximación ante un evento injusto (Sanfey y cols., 2003). Estudios previos han encontrado un aumento de la actividad en la región prefrontal izquierda con la motivación de aproximación, mientras que la activación de la región prefrontal derecha se ha asociado con la motivación de retirada (Harmond-Jones y Sigelman, 2001). Además, la banda alfa está inversamente relacionada con la actividad de la corteza cerebral (Davidson,

Ekman, Saron, Senulis, y Friesen, 1990), de modo que, la presencia de una mayor correlación entre las regiones prefrontales anteriores y dorsolaterales en la banda alfa-1 podría estar reflejando una disminución en la conducta motivada de aproximación en una toma de decisiones sociales en los participantes INST. En consecuencia, los adolescentes INST podrían haber tenido un déficit en la motivación para tratar de cambiar el ambiente en el que se presentan las propuestas injustas. Esta idea podría estar relacionado con la "indefensión aprendida" en la que el sujeto aprende que no puede escapar de un evento adverso y estresante, debido a la falta de control sobre este y por lo tanto tiene una falta de motivación para evadir la situación (Mikulnicer y Nizan, 1988). En este trabajo, como en la población institucionalizada, los resultados no están bajo el control del individuo. Una vez más, estas ideas no están lejos de la realidad diaria de la población institucionalizada, quienes no tienen control sobre las situaciones importantes como por ejemplo, el ser adoptado o pasar tiempo con sus familiares.

Los adolescentes INST presentaron una menor correlación en la banda gamma entre regiones de la corteza prefrontal y temporal izquierda, durante la aceptación y el rechazo de las propuestas. Consideramos que éste resultado podría indicar dificultades en el procesamiento emocional y social debido a alteraciones en la conectividad funcional entre las regiones prefrontales y temporales. En relación a esto, las áreas temporales se han relacionado con el procesamiento de la información social (Simmons, Reddish, Bellgowan, y Martin, 2010) y con la Teoría de la Mente (Lewis, Rezaie, Brown, Roberts, y Dunbar, 2011), mientras que, la corteza prefrontal dorsolateral, se ha asociado con la manipulación de la información para la toma de decisiones (Krawczyk, 2002) con independencia del significado semántico, en este caso el socio-emocional (Nystrom y cols., 2000). Por lo tanto, el acoplamiento funcional entre las regiones prefrontal y temporal podría participar en la manipulación de la información socio-emocional y éste acoplamiento es, en parte, efectuada por fascículo uncinado que proporciona una fuerte conexión entre esas regiones (Thiebaut de Schotten, Dell'Acqua, Valabrègue, y Catani, 2012). Este fascículo, en el

hemisferio izquierdo, muestra una densidad menor en la población institucionalizada (Eluvathingal, 2006; Govindan y cols., 2010). Por otro lado, la banda gamma se ha relacionado con la comunicación entre áreas en otros trabajos (Varela, Lachaux, Rodriguez, y Martinerie, 2001). En consecuencia, la menor correlación entre regiones frontal y temporal en bandas gamma podría ser el resultado de la alteración de fascículo uncinado. Es notable mencionar que las características del EEG similares se han encontrado en pacientes esquizofrénicos durante los dos tipos de respuestas (aceptadas y rechazadas) durante el Ultimatum Game (Yun, 2010). Por lo tanto, la menor correlación prefronto - temporal en la banda gamma en adolescentes institucionalizados podría estar indicando una predisposición a desarrollar enfermedades psiquiátricas.

Del mismo modo, el grupo INST mostró una menor correlación prefronto-parietal izquierda en la banda gamma durante la aceptación de las propuestas que podrían estar relacionada con una alteración en la conectividad anatómica izquierda entre las áreas prefrontales y parietales. Las cortezas frontal y parietal están conectados directamente a través de fascículos longitudinal superior (Fuster, 2008) y éste fascículo muestra una menor densidad en la población institucionalizada (Govindan, Behen, Helder, Makki, y Chugani, 2010). Además, la corteza parietal izquierda se ha relacionado con la toma de perspectiva de otros en la toma de decisiones y la corteza parietal derecha con perspectiva personal durante una toma de decisiones (Lamm, Batson y Decety, 2007; van den Bos, van Dijk, Westenberg, Rombouts y Crone, 2011; Vogeley, et, al., 2001). De tal forma que los resultados encontrados en este estudio pudiera relacionarse con diferencias en la comprensión de la perspectiva de otros lo cual es necesario para una adecuada toma de decisiones sociales. Con respecto a esta interpretación, se ha encontrado que la disminución de la coherencia prefronto-parietal en la banda gamma se relaciona con pobres rasgos de empatía (y mayores puntuaciones de psicopatía) en adultos sanos (Decety, Lewis y Cowell, 2015).

Por otro lado también encontramos una mayor correlación en la banda

delta entreregiones prefronto - parietales también durante las respuestas de aceptación en el grupo INST en comparación con el grupo NINST. Se ha mencionado anteriormente que el lóbulo parietal derecho estaba relacionado con la propia perspectiva durante una toma de decisión. Es importante tener en cuenta se ha reportado una mayor coherencia en la banda delta entre las áreas prefrontales y parietales relacionada con procesos atencionales durante una toma de decisiones (Nácher, Ledberg, Deco, y Romo, 2013). Por lo tanto, podría ser plausible considerar que los adolescentes INST son más propensos a tener en cuenta su propia perspectiva en una decisión.

Un hallazgo importante de este estudio fue la predominancia de una menor correlación EEG en el hemisferio izquierdo ya que en trabajos anteriores se han descrito también estas diferencias de EEG en el hemisferio izquierdo en los adolescentes con graves antecedentes de abuso físico o sexual (Miskovic, Schmidt, Georgiades, Boyle, y Macmillan, 2010; Rizo-Martínez y cols., 2015), en sujetos violentos (Convit, Czobor, y Volavka, 1991) o en un asesino en serie (Ostrosky-Solís, Valez-García, Santana-Vargas, Pérez, y Ardila, 2008). Esta característica EEG podría entenderse a la luz del "Modelo Autonomo Bihemisférico" (Lee, Gerdes, Tegeler, Shaltout, y Tegeler, 2014) lo que supone que la reacción normal durante situaciones ansiogénicas (como un niño siendo descuidado) está mediada por la actividad del hemisferio derecho, a través del sistema simpático, así como con la activación y la liberación de diferentes sistemas y neurotransmisores como la epinefrina y la norepinefrina. Sin embargo, con el fin de reducir la activación relacionada con el estrés, el hemisferio izquierdo aumenta su activación a través del sistema parasimpático, que suministra una mayor activación del sistema parasimpático. A lo largo del desarrollo del cerebro, probablemente, el estrés crónico del sistema parasimpático podría producir un agotamiento que podría provocar una alteración en las señales de entrada de las estructuras subcorticales de la corteza prefrontal medial (Brozoski, Brown, Rosvold, y Goldman, 2016). Esto podría conducir a un fuerte sesgo en el comportamiento de una forma no socialmente funcional, convirtiendo a la reacción normal hemisférica

izquierda, de fisiológica a patológica. Comportamientos como la congelación (freeze) o el retraimiento, son ejemplos de estos procesos y de persistir este tipo de comportamientos, producirá una alteración en las relaciones interpersonales. Estas características conductuales pudieran estar explicando las características conductuales en los adolescentes institucionalizados como la retracción social, los problemas de internalización y los problemas de pensamiento (Erol, Smisek y Munir, 2010). Es notable considerar que, en los participantes de éste estudio, ni la privación motora ni alimentaria podrían considerarse como ansiogénicas y por lo tanto la falta de disponibilidad emocional o psicológica podría ser el principal factor relacionado con los hallazgos del EEG lateralizado hacia la izquierda. Sin embargo se necesitan más estudios para profundizar sobre esta explicación.

Algunos autores han identificado que la población institucionalizada tiene algunas características cognitivas cuasi autistas (Nelson, y cols, 2011; Rutter y cols., 2007), ya que ambos, tanto niños institucionalizados como pacientes autistas tienen problemas en el desempeño social aunque el grupo institucionalizado presenta una mayor flexibilidad, mayor conducta de aproximación social y una mayor incidencia de amistad indiscriminada en comparación con los niños diagnosticados con autismo (Bos y cols., 2011). Es de destacar que tanto los niños institucionalizados y los pacientes autistas tienen características de conectividad anormal entre las regiones prefrontales y parietales (Govindan, y cols, 2010; Just y cols, 2007) y entre las regiones prefrontales y temporales (Eluvathingal, 2006; Shukla, Keehn, y Müller, 2011). Tal vez estos hallazgos están relacionados con similitudes cognitivas y conductuales en la edad escolar (4-6 años). Sin embargo, estas similitudes llegan a ser menos claras en la adolescencia y por lo tanto sólo un pequeño grupo de adolescentes institucionalizados tener un patrón cuasi autista permanente al cumplir los 11 años (Rutter y cols., 2007). Además, las mismas características de EEG entre las áreas prefrontal y temporal se han encontrado en pacientes esquizofrénicos durante las propuestas aceptadas y rechazadas en la ejecución del Ultimatum Game (Yun, 2010). De gran interés sería profundizar

en los mecanismos que derivan estas diferencias electrofisiológicas entre los grupos para determinar la probabilidad de presentación de trastornos psiquiátricos en el futuro en los adolescentes institucionalizados u otro tipo de población maltratada. Estas características EEG podrían sugerir que el grupo INST tiene una predisposición a desarrollar algunas psicopatologías con capacidades sociales afectadas como en la esquizofrenia, pero esta posibilidad debe ser explorada en futuros estudios.

## **Conclusiones**

A través de los resultados obtenidos en este estudio, se puede concluir que los menores que han permanecido un tiempo prolongado en un ambiente institucional, presentan diferencias funcionales en distintas áreas corticales en comparación a los menores que no han crecido en un ambiente institucional.

Acorde con los resultados conductuales encontrados, ambos grupos de participantes tuvieron la misma cantidad de dinero acumulado al final de estudio.

A diferencia de los resultados conductuales, los resultados electroencefalográficos expresan diferencias significativas entre ambos grupos. Nuestros resultados en regiones prefrontales indican que durante la aceptación y durante el rechazo de propuestas, los adolescentes institucionalizados tienen una respuesta marcada por el mayor acoplamiento frontopolar – dorsolateral izquierda.

Con respecto a la correlación prefronto – temporal izquierda, se encontró un menor acoplamiento funcional entre estas regiones. Es muy probable que los adolescentes institucionalizados tenga un patrón electroencefalográfico que pudiera relacionarse con la alteración en el desarrollo en el fascículo uncinado, reportado en población institucionalizada por estudios previos.

Por último, con respecto a la correlación prefronto – parietal, se encontró durante la aceptación de propuestas del Ultimatum Game, un menor acoplamiento funcional en el hemisferio izquierdo en la banda gamma y un mayor acoplamiento funcional en el hemisferio derecho en la banda delta.

Acorde a éstos datos, el acomplamiento funcional ante la ejecución del Ultimatum Game pudiera estar reflejando estrategias diferentes, necesarias para enfrentar una situación social, con un componente económico.

Finalmente, es necesario mencionar que algunos de los patrones electroencefalográficos encontrados en este estudio son similares a los encontrados en otras poblaciones de estudio. Por ejemplo, los resultados prefronto – temporales y los prefronto – parietales izquierdos, han sido reportados también en pacientes esquizofrénicos. De tal forma que, es probable que el patrón de actividad electroencefalográfica expresado por los adolescentes institucionalizados encontrado en este estudio, pudiera predisponer a la presencia de sintomatología psiquiátrica.

## Referencias

- Adolphs, R. (2009). The Social Brain: Neural Basis of Social Knowledge. *Annual Reviews of Psychology*, 60, 693–716.
- Adolphs, R. (2010). Conceptual Challenges and Directions for Social Neuroscience. *Neuron*, 65(6), 752–767.
- Achermann, P. Y Borbely, A. A. (1998). Coherence Analysis Of The Human Sleep Electroencephalogram. *Neuroscience*, 85(4), 1195-1208.
- Ahmed, O., y Cash, S. (2013). Finding synchrony in the desynchronized EEG: the history and interpretation of gamma rhythms. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 7, 1-7.
- Amodio, D., y Frith, C. (2006). Meeting of minds: the medial frontal cortex and social cognition. *Nature Reviews*, 7, 268-277.
- Andersen, S., y Teicher, M. (2004). Delayed Effects of Early Stress on Hippocampal Development. *Neuropsychopharmacology*, 29, 1988–1993.
- Anderson, S., Bechara, A., Damasio, H., Tranel, D., y Damasio, A. (1999). Impairment of social and moral behavior related to early damage in human prefrontal cortex. *Nature Neuroscience*, 2(11), 1032-1037.
- Aquino, C., Aneiros, R., y Rojas, Z. (1999). El electroencefalograma y la onda P300 en Psiquiatría. La Habana.
- Assaf, M., Kahn, I., Pearlson, G., Johnson, M., Yeshurun, Y., Calhoun, V., y cols. (2009). Brain Activity Dissociates Mentalization from Motivation During an Interpersonal Competitive Game. *Brain imaging behavior*, 3(1), 24-37.
- Badre, D. (2008). Cognitive control, hierarchy, and the rostro–caudal organization of the frontal lobes. *Cell Press*, 12(5), 193-200.
- Badre, D., y D´Esposito, M. (2007). Functional Magnetic Resonance Imaging Evidence for a Hierarchical Organization of the Prefrontal Cortex. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(12), 2082-2099.
- Badre, D., y D´Espositos, M. (2009). Is the rostro-caudal axis of the frontal lobe hierarchical? *Nature Reviews of Neuroscience*, 10(9), 659-669.

- Baillargeon, R., Scott, R., y He, Z. (2010). False-belief understanding in infants. *Trends in Cognitive Sciences*, 14(3), 110-118.
- Baker, S. C., Rogers, R. D., Owen, A. M., Frith, C. D., Dolan, R. J., Frackowiak, R. S., y cols. (1996). Neural systems engaged by planning: a PET study of the Tower of London task. *Neuropsychologia*, 34(6), 515-526.
- Bakermans-Kranenburg, M., Steele, H., Zeanah, C. H., Muhamedrahimov, R., Vorria, P., Dobrova-Krol, N., Steele, M., van IJzendoorn, M., Juffer, F. y Gunnar, M. (2011). Attachment And Emotional Development In Institutional Care: Characteristics And Catch Up. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 76(4), 62-91.
- Barbas, H. (2000). Proceedings of the Human Cerebral Cortex: From Gene to Structure and Function. *Brain Research Bulletin*, 52(5), 319-330.
- Barbas, H., y Pandya, D. (1987). Architecture and frontal cortical connections of the premotor cortex(area 6) in the rhesus monkey. *Journal of Comparative Neurology*, 256(2), 211-228.
- Basar, E., Basar-Eroglu, C., Karakas, S. y Schürmann, M. (2001). Gamma, alpha, delta, and theta oscillations govern cognitive processes. *International Journal of Psychophysiology*, 39, 241-248.
- Barry, R., Clarke, A., McCarthy, R., Selikowitz, M., Johnstone, S., y Rushby, J. (2004). Age and gender effects in EEG coherence: I. Developmental trends in normal children. *Clinical Neurophysiology*, 115, 2252-2258.
- Bava, S., Thayer, R., Jacobus, J., Ward, M., Jernigan, T., y Tapert, S. (2010). Longitudinal Characterization of White Matter Maturation During Adolescence. *Brain Research*, 23(1327), 38–46.
- Benenson, J., Pascoe, J. y Radmore, N. (2007). Children´s altruistic behavior in the dictator game. *Evolution and human behavior*, 28, 168-175.
- Berens, A. y Nelson, C. (2015). The science of early adversity: is there a role for large institutions in the care of vulnerable children? *Lancet*, 386, 388–98. doi.org/10.1016/ S0140-6736(14)61131-4

- Bechara, A., Damasio, H., Tranel, D., y Damasio, A. (2005). The Iowa Gambling Task and the somatic marker hypothesis: some questions and answers. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(4), 159-162.
- Berman, K., Ostrem, J., Randolph, C., Gold, J., Goldberg, T., Coppola, R., y cols. (1996). Physiological activation of a cortical network during performance of the Wisconsin card sorting test: a positron emission tomography study. *Neuropsychologia*, 33(8), 1027-1046.
- Blakemore, S.-J. (2008). The Social Brain in the Adolescence. *Nature Reviews*, 9, 267-277.
- Blakemore, S.-J., den Ouden, H., Choudhury, S., y Frith, C. (2007). Adolescent development of the neural circuitry for thinking about intentions. *Scan*, 2, 130–139.
- Bos, K., Fox, N., Zeanah, C., y Nelson III, C. A. (2009). Effects of early psychosocial deprivation on the development of memory and executive function. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 3(16), 1-7.
- Bos, K., Zeanah, C. H., Fox, N., Drury, S., McLaughlin, K. & Nelson, C. A. (2011). Psychiatric Outcomes in Young Children with a History of Institutionalization. *Harvard Review of Psychiatry*, 19(1), 15-24.
- Brozoski, T. J., Brown, R. M., Rosvold, H. E., & Goldman, P. S. (1979). Cognitive Deficit Caused by Regional Depletion of Dopamine in Prefrontal Cortex of Rhesus Monkey. *Science*, 205(4409), 929–932.
- Burman, K., Reser, D., Yu, H., y Rosa, M. (2011). Cortical Input to the Frontal Pole of the Marmoset Monkey. *Cerebral cortex*, 21, 1712-1737.
- Bustos, P., Rincón, P., y Aedo, J. (2009). Validación Preliminar de la Escala Infantil de Síntomas del Trastorno de Estrés Postraumático (Child PTSD Symptom Scale, CPSS) en Niños/as y Adolescentes Víctimas de Violencia Sexual. *Psykhé*, 18(2), 113-125.
- Castelli, I., Massaro, D., Sanfey, A. y Marchetti, A. (2010). Fairness and intentionality in children's decision-making. *International Review of Economics*, 57, 269-288.

- Casey, B., Jones, R., y Hare, T. (2008). The Adolescent Brain. *Annual New York Academy Science*, 1124, 111–126.
- Cavada, C., Compañy, T., Tejedor, J., Cruz-Rizzolo, R., y Reinoso-Suarez, F. (2000). The Anatomical Connections of the Macaque Monkey Orbitofrontal Cortex: A Review. *Cerebral Cortex*, 10, 220-242.
- Chein, J., Albert, D., O'Brien, L., Uckert, K., y Steinberg, L. (2011). Peers increase adolescent risk taking by enhancing activity in the brain's reward circuitry. *Developmental Science*, 14(2), 1-16.
- Choudhury, S., Blakemore, S., y Charman, T. (2006). Social cognitive development during adolescence. *Scan*, 1, 165-174.
- Christoff, K., y Gabrieli, J. (2000). The frontopolar cortex and human cognition: Evidence for a rostrocaudal hierarchical organization within the human prefrontal cortex. *Psychobiology*, 28(2), 168-186.
- Chisholm, K. (1998). A Three Year Follow-up of Attachment and Indiscriminate Friendliness in Children Adopted from Romanian Orphanages. *Child Development*, 69(4), 1092-1106.
- Chugani, H., Behen, M., Muzik, O., Juhász, C., Nagy, F., y Chugani, D. (2001). Local Brain Functional Activity Following Early Deprivation: A Study of Postinstitutionalized Romanian Orphans. *NeuroImage*, 14, 1290–1301.
- Convention of the Rights of the Child (1990). Adopted and opened for signature, ratification and accession by General Assembly resolution 44/25 of 20 November 1989. (Reporte Técnico).
- Convit, A., Czobor, P., & Volavka, J. (1991). Lateralized abnormality in the EEG of persistently violent psychiatric inpatients. *Biological Psychiatry*, 30(4), 363–370.
- Collura, T. (1993). History and Evolution of electroencephalographic Instruments and Techniques. *Journal of Clinical Neuropsychology*, 10(4), 476-504.
- Critchley, H., Mathias, C., y Dolan, R. (2001). Neural Activity in the Human Brain Relating to Uncertainty and Arousal during Anticipation. *Neuron*, 29, 537–545.

- Crone, E., y Dahl, R. (2012). Understanding adolescence as a period of social-affective engagement and goal flexibility. *Nature reviews*, 13, 636-650.
- Croson, R. (1996). Information in ultimatum games: An experimental study. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 30, 192-212.
- Davidson, R. (1992). Emotion and affective style. *Psychological science*, 3(1), 39-43.
- Davidson, R., Abercrombie, H., Nitschke, J., y Putnam, K. (1999). Regional brain function, emotions and disorders of emotion. *Current opinion in Neurobiology*, 9, 228-234.
- Davidson, R. J., Ekman, P., Saron, C. D., Senulis, J. A. y Friesen, W. V. (1990). Approach-withdrawal and cerebral asymmetry: emotional expression and brain physiology. *Journal of Personality and Social Psychology*, 58(2), 330-341.
- Decety, J., Jackson, P. L., Sommerville, J. A., Chaminade, T. y Meltzoff, A. N. (2004). The neural bases of cooperation and competition: an fMRI investigation. *Neuroimage*, 23(2), 744-751.
- Decety, J., Lewis, K. L., y Cowell, J. M. (2015). Specific electrophysiological components disentangle affective sharing and empathic concern in psychopathy. *Journal of Neurophysiology*, 114(1), 493-504.
- De Martino, B., Kumaran, D., Seymour, B., y Dolan, R. (2006). Frames, Biases, and Rational Decision-Making in the Human Brain. *Science*, 313, 684-687.
- Durston, S., Thomas, K., Worden, M., Yang, Y., y Casey, B. (2002). The Effect of Preceding Context on Inhibition: An Event-Related fMRI Study. *Neuroimage*, 16, 449-453.
- Ellis, B.H., Fisher, P.A., Zaharie, S. (2004). Predictors of Disruptive Behavior, Developmental Delays, Anxiety, and Affective Symptomatology Among Institutionally Reared Romanian Children. *Journal of the Academy of Child and Adolescents Psychiatry*, 43(10), 1283-1292.
- Eluvathingal, T., Chugani, H., Behen, M., Juhász, C., Muzik, O., Maqbool, M., y cols. (2006). Abnormal Brain Connectivity in Children After Early Severe

- Socioemotional Deprivation: A Diffusion Tensor Imaging Study. *Pediatrics*, 117, 2093-2011.
- Engelmann, J., y Hein, G. (2013). Contextual and social influences on valuation and choice. In P. Chandrasekhar, y S. Narayanan (Eds.), *Decision Making Neural and Behavioral Approaches* (pp. 215-237). Amsterdam, The Netherlands: Progress in Brain Research.
- Ernst, M. P. (2005). Neurobiology of Decision Making: A Selective Review from a Neurocognitive and Clinical Perspective. *Biological Psychiatry*, 58(8), 597-604.
- Erol, N., Simsek, y Münir, K. (2010). Mental health of adolescents reared in institutional care in Turkey: challenges and hope in the twenty-first century. *European Child y Adolescent Psychiatry*, 19(2), 113-124.
- Frith, U., y Frith, C. (2001). The Biological Basis of Social Interaction. *Current Directions in Psychological Science*, 10(5), 151-155.
- Frith, U., y Frith, C. (2003). Development and neurophysiology of mentalizing. *Philosophical transaction The Royal Society of London*, 358, 459-473.
- Fuster, J. (2002). Frontal lobe and cognitive development. *Journal of Neurocytology*, 31, 373-385.
- Fuster, J. (2008). Anatomy of the Prefrontal Cortex. In J. Fuster, *The Prefrontal Cortex Fourth Edition* (pp. 7-44). Oxford, United Kingdom: Elsevier.
- Gasser, T., Rousson, V. y Schreier Gasser, U. (2003). EEG power and coherence in children with educational problems. *Journal of Clinical Neurophysiology: Official Publication of the American Electroencephalographic Society*, 20(4), 273-282.
- Ghashghaei, H., Hilgetag, C., y Barbas, H. (2007). Sequence of information processing for emotions based on the anatomic dialogue between prefrontal cortex and amygdala. *Neuroimage*, 34(3), 1-32.
- Ghashghaei, H., y Barbas, H. (2002). Pathways for emotion: Interactions of prefrontal and anterior temporal pathways in the amygdala of the rhesus monkey. *Neuroscience*, 115(4), 1261-1279.

- Gotlib, I. (1998). Frontal EEG Alpha Asymmetry, Depression, and Cognitive Functioning. *Cognition and emotion*, 12(3), 449-478.
- Govindan, R. M., Behen, M. E., Helder, E., Makki, M. I., & Chugani, H. T. (2010). Altered water diffusivity in cortical association tracts in children with early deprivation identified with tract-based spatial statistics (TBSS). *Cerebral Cortex*, 20(3), 561–569.
- Greene, J., y Paxton, J. (2009). Patterns of neural activity associated with honest and dishonest moral decisions. *Proceedings of the National Academy Sciences*, 106(30), 12506-12511.
- Greenough, W., Black, J., y Wallace, C. (1987). Experience and Brain Development. *Child development*, 58, 539-559.
- Gloviczki, P. (2004). Ceausescu's Children: The Process of Democratization and the Plight of Romania's Orphans. *A Worldwide Journal of Politics*, 1, 116-125.
- Guevara, M.A. y Hernández- González, M. (2009). EEGmagic programa para analizar señales electroencefalográficas. *Revista mexicana de ingeniería biomédica*, 1, 41-53.
- Guevara, M., Herández, M., y Sanz, A. (2010). Señales electroencefalográficas. En M. Guevara, M. Hernández, y A. Sanz, *Programas computacionales para el análisis de señales electroencefalográficas* (pp. 21-28). Guadalajara.
- Guevara, M.A., Sanz-Martín, A., Crosi-Cabrera, M., Amezcua-Gutierrez, C. y Hernández-González, M. (2010). CHECAsEN: programa para revisar señales EEG fuera de línea. *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica*, 31(2) 135-141.
- Güth, W., Schmittberger, R., y Schwarze, B. (1982). An experimental analysis of ultimatum bargaining. *Journal of Economic Behavior and Organizations*, 3, 367-388.
- Güroglu, B., van den Bos, W. y Crone, E. (2009). Fairness considerations: Increasing understanding of intentionality during adolescence. *Journal of Experimental Child Psychology*, 104, 398–409.

- Hanks, T., Kopec, C. D., Brunton, B. W., Duan, C. A., Erlich, J. C. Y Brody, C. (2015). Distinct relationships of parietal and prefrontal cortices to evidence accumulation. *Nature*, 520, 220-223.
- Happé, F., y Frith, U. (2014). Annual Research Review: Towards a developmental neuroscience of atypical social cognition. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 55(6), 553-577.
- Harlé, K., y Sanfey, A. (2012). Social economic decision-making across the lifespan: An fMRI investigation. *Neuropsychologia*, 50, 1416-1424.
- Harmond-Jones, E. y Sigelman, J. (2001). State Anger and Prefrontal Brain Activity: Evidence That Insult-Related Relative Left-Prefrontal Activation is Associated with Experienced and Anger. *Journal of Personality and Social Psychology*, 80(5), 797- 803.
- Harmony, T., Fernández, T., Silva, J., Bernal, J., Díaz-Comas, L., Reyes, A., Marosi, E., Rodríguez, M. y Rodríguez, M. (1996). EEG delta activity: an indicator of attention to internal processing during performance of mental tasks. *International Journal of Psychophysiology*, 24, 161-171.
- Hevia-Orozco, J., Sanz-Martín, A., Hidalgo-Aguirre, R.M., Hernández-González, M. y Guevara, M.A. (2014) Evaluación de la toma de decisiones sociales a través del Ultimatum Game versión computarizada. *eNeurobiología*, 5(10), 1-11.
- Hyvarinen, J. y Shelepin, Y. (1979). Distribution of visual and somatic functions in the parietal associative area 7 of the monkey. *Brain research*, 1969, 561-564.
- Hyvarinen J. y Poranen, A. (1974). Function of the parietal associative area 7 as revealed from cellular discharge in alert monkeys. *Brain*, 97, 673-692.
- Itthipuripat, S., Wessel. y Aron, A. (2013). Frontal theta is a signature of successful working memory manipulation. *Experimental Brain Research*, 224, 255-262.
- Jasper, H. A. (1958). The ten–twenty system of the International Federation of electroencephalography. *Clinical Neurophysiology*, 10, 371-375.

- Johnson, D. y Gunnar, M. (2011). Growth Failure In Institutionalized Children. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 76(4), 92-126.
- Just, M., Cherkassky, V., Keller, T., Kana, R. & Minshew, N. (2007). Functional and anatomical cortical underconnectivity in autism: Evidence from an fMRI study of an executive function task and corpus callosum morphometry. *Cerebral Cortex*, 17(4), 951-961.
- Kandel, E., (2000), Touch. En E. Kandel, J. Schwartz, J. Jessell (Eds). Principles of Neural Science; New York: McGraw-Hill. 451-471.
- Kelly, R., y Strick, P. (2003). Cerebellar Loops with Motor Cortex and Prefrontal Cortex of a Nonhuman Primate. *The Journal of Neuroscience*, 23(23), 8432– 8444.
- Kirk, D., Gollwitzer, P., y Carnevale, P. (2011). Self-regulation in ultimatum bargaining: goals and plans help accepting unfair but profitable offers. *Social Cognition*, 29(5), 528-546.
- Knoch, D., Pascual-leone, A., Meyer, K., Treyer, V., y Fehr, E. (2006). Diminishing Reciprocal Fairness by Disrupting the Right Prefrontal Cortex. *Science*, 314, 829-832.
- Knutson, B., Fong, G., Bennett, S., Adams, C., y Hommer, D. (2003). A region of mesial prefrontal cortex tracks monetarily rewarding outcomes: characterization with rapid event-related fMRI. *Neuroimage*, 18, 263-272.
- Koechlin, E., y Hyafil, A. (2007). Anterior Prefrontal Function and the Limits of Human Decision-Making. *Science*, 318, 594-598.
- Koechlin, E., Corrado, G., Pietro, P., y Grafman, J. (2000). Dissociating the role of the medial and lateral anterior prefrontal cortex in human planning. *Proceeding of the National Academy Sciences*, 97(13), 7651-7656.
- Koechlin, E., Ody, C., y Kouneiher, F. (2003). The Architecture of Cognitive Control in the Human Prefrontal Cortex. *Science*, 302, 1181-1185.
- Koenigs, M., y Tranel, D. (2007). Irrational Economic Decision-Making after Ventromedial Prefrontal Damage: Evidence from the Ultimatum Game. *The Journal of Neuroscience*, 27(4), 951-956.

- Koenings, M., Barbey, A., Postle, B., Grafman, J. (2009). Superior parietal cortex is critical for the manipulation of information in working memory. *Journal of Neuroscience*, 29(47), 14980–14986.
- Kovacs, M. (2004) Inventario de Depresión Infantil (CDI). TEA Ediciones, España.<sup>[L]  
[SEPP]</sup>
- Krawzyk, D. (2002). Contributions of the prefrontal cortex to the neural basis of human decision-making. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 26, 631–664.
- Kroupina, M., Toemen, L., Aidjanov, M., Georgieff, M., Hearst, M., Himes, J., Johnson, D., Miller, B., Spoon Foundation Research Team, Syzdykova, A. y Sharmanov, T. (2015). Predictors of Developmental Status in Young Children Living in Institutional Care in Kazakhstan. *Maternal and Child Health Journal*, 19, 1408–1416.
- Kubota, K. (2003). One approach to understanding the function of the frontal pole. *International Congress Series*, 1250, 87–92.
- Lamba, G. y Singh, S. (2009). Impact of Institutionalization on Somatotype among Adolescents. *Journal of life sciences*, 1(1), 15-19.
- Lamm, C., Batson, D. y Decety, J. (2007). The Neural Substrate of Human Empathy: Effects of Perspective-taking and Cognitive Appraisal. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(1), 42–58.
- Lee, D. (2008). Game theory and neural basis of social decision making. *Nature Neuroscience*, 11(4), 404-409.
- Lee, V., y Harris, L. (2013). How social cognition can inform social decision making. *Frontiers in Neuroscience*, 7(259), 1-13.
- Lee, S. W., Gerdes, L., Tegeler, C. L., Shaltout, H. A., & Tegeler, C. H. (2014). A bihemispheric autonomic model for traumatic stress effects on health and behavior. *Frontiers in Psychology*, 5(843), 1–14.
- Lewis, P. A., Rezaie, R., Brown, R., Roberts, N., y Dunbar, R. I. M. (2011). Ventromedial prefrontal volume predicts understanding of others and social network size. *NeuroImage*, 57(4), 1624–1629.

- Levin, A., Zeanah, C. H., Fox, N., Nelson, C. A. (2015). Motor Outcomes in Children Exposed to Early Psychosocial Deprivation. *The Journal of Pediatrics*, 164(1), 123-129.
- Lüchinger, R., Michels, L., Martin, E., y Brandeis, D. (2011). EG-BOLD correlations during (post-)adolescent brain maturation. *Neuroimage*, 56, 1493-1505.
- Lüchinger, R., Michels, R., Martin, E., y Brandeis, D. (2012). Brain state regulation during normal development: Intrinsic activity fluctuations in simultaneous EEG-fMRI. *Neuroimage*, 60, 1426-1439.
- Luria, A. (1966). XVIII International Congress of Psychology. (A. Brayfield, Ed.) *American Psychologist*, 21(7), 747-753.
- Marshall, P. y Fox, N. (2004). A Comparison of the Electroencephalogram between Institutionalized and Community Children in Romania. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(8), 1327-1338.
- Marosi, E., Harmony, T., Sánchez, L., Becker, J., Bernal, J., Reyes, A., Díaz de León, E., Rodríguez, M. y Fernández, T. (1992). Maturation of the coherence of EEG activity in normal and learning-disabled children. *Electroencephalography and Neurophysiology*, 83, 350-357.
- Mathalon, D., Whitfield, S., y Ford, J. (2003). Anatomy of an error: ERP and fMRI. *Biological Psychology*, 64(1), 119-141.
- McClure, S., Laibson, D., Lowenstein, G., y Cohen, J. (2004). Separate Neural Systems Value Immediate and Delay Monetary Rewards. *Science*, 306, 503-507.
- McDermott, J., Westerlund, A., Zeanah, C. H., Nelson, C. A. y Fox, N. (2012). Early adversity and neural correlates of executive function: Implications for academic adjustment. *Developmental of Cognitive Neuroscience*, 15(2), 59- 66.
- McLaughlin, K., Fox, N., Zeanah, C., y Nelson, C. (2011). Adverse Rearing Environments and Neural Development in Children: The Development of Frontal Electroencephalogram Asymmetry. *Biological Psychiatry*, 70(11), 1008-1015.

- Meyer, M., Taylor, SH. y Lieberman, M. (2015). Social working memory and its distinctive link to social cognitive ability: an fMRI study. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 2015, 1338–1347
- Michels, L., Muthuraman, M., Lüchinger, R., Martin E, Anwar, A., Raethjen, J., y cols. (2013). Developmental changes of functional and directed resting-state connectivities associated with neuronal oscillations in EEG. *Neuroimage*, 81, 231-242.
- Middleton, F., y Strick, P. (2002). Basal-ganglia ‘Projections’ to the Prefrontal Cortex of the Primate. *Cerebral Cortex*, 12, 926–935.
- Mikulnicer, M. y Nizan, B. (1988). Causal Attribution, Cognitive Interference, and the Generalization of Learned Helplessness. *Journal of Personality and Social* 55(3), 470-478.
- Miller, E., y Cohen, J. (2001). An Integrative Theory of Prefrontal Cortex Function. *Annual Review of Neuroscience*, 24, 167–202.
- Miskovic, V., Schmidt, L., Georgiades, K., Boyle, M., y MacMillan, H. (2010). Adolescent females exposed to child maltreatment exhibit atypical EEG coherence and psychiatric impairment: Linking early adversity, the brain, and psychopathology. *Developmental of psychopathology*, 22, 419-432.
- Mitchell, D. (2011). The nexus between decision making and emotion regulation: A review of convergent neurocognitive substrates. *Behavioral Brain Research*, 217, 215-231.
- Mol, J., Zahn, R., de Oliveira-Souza, R., Krueger, F., y Grafman, J. (2005). The neural basis of human moral cognition. *Nature Reviews*, 6, 799-809.
- Moll, J., de Oliveira-Souza, R., Eslinger, P., Bramati, I., Mourão-Miranda, J., Andreiuolo, P., y cols. (2001). The Neural Correlates of Moral Sensitivity: A Functional Magnetic Resonance Imaging Investigation of Basic and Moral Emotions. *The Journal of Neuroscience*, 22(7), 2730-2736.
- Moll, J., Zahn, R., de Oliveira-Souza, R., Bramati, I., Krueger, F., Tura, B., y cols. (2011). Impairment of prosocial sentiments is associated with frontopolar

- and septal damage in frontotemporal dementia. *NeuroImage*, 54, 1735–1742.
- Murnighan, K., y Saxon, M. (1998). Ultimatum bargaining by children and adults. *Journal of Economic Psychology*, 19, 415-445.
- Nácher, V., Ledberg, A., Deco, G., & Romo, R. (2013). Coherent delta-band oscillations between cortical areas correlate with decision making. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110(37), 15085–90.
- Nauta, W. (1974). The Problem of the Frontal Lobe: a reinterpretation. *The Journal of Psychiatry Research*, 8, 167-187.
- Nelson, C. A. (2007). A Neurobiological Perspective on Early Human Deprivation. *Child Development Perspectives*, 1(1), 13-18.
- Nelson III, C. A., Bos, K., Gunnar, M., Sonuga-Barke, E. (2011). The Neurobiological Toll of Early Human Deprivation. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 76(4), 127–146.
- Niedermeyer, E. (2005). The Normal EEG of the Waking Adult. In E. Niedermeyer, y F. Lopes da Silva, *Electroencephalography* (pp. 1-67). Lippincott Williams y Wilkins.
- Nystrom, L. E., Braver, T. S., Sabb, F. W., Delgado, M. R., Noll, D. C., y Cohen, J. D. (2000). Working memory for letters, shapes, and locations: fMRI evidence against stimulus-based regional organization in human prefrontal cortex. *NeuroImage*, 11, 424–46
- O'Connor, T., Rutter, M., Beckett, C., Keaveney, L., Kreppner, J. y the English and Romanian Adoptees Study Team. (2000). The Effects of Global Severe Privation on Cognitive Competence: Extension and Longitudinal Follow-up. *Child Development*, 71(2), 276-390.
- O'Doherty, J., Kringelbach, M., Rolls, E., Hornak, J., y Andrews, C. (2001). Abstract reward and punishment representations in the human orbitofrontal cortex. *Nature Neuroscience*, 4(1), 95-102.

- O'Doherty, J., Dayan, P., Friston, K., Critchley, H., y Dolan, R. (2003). Temporal Difference Models and Reward-Related Learning in the Human Brain. *Neuron*, 28, 329–337.
- Ochsner, K., Ray, R., Cooper, J., Robertson, E., Chopra, S., Gabrieli, J., y cols. (2004). For better or for worse: neural systems supporting the cognitive down- and up-regulation of negative emotion. *NeuroImage*, 23, 483-499.
- Olson, I., Plotzker, A., y Ezzyat, Y. (2007). The Enigmatic temporal pole: a review of findings on social and emotional processing. *Brain*, 130(7), 1718-1731.
- Öngür, D., Ferry, A., y Price, J. (2003). Architectonic Subdivision of the Human Orbital and Medial Prefrontal Cortex. *The Journal Of Comparative Neurology*, 460, 425-449.
- Ostrosky-Solis, F., Gómez, M., Matute, E., Roselli, M., Ardila, A., y Pineda, D. (1997). Neuropsi Atención y Memoria. México, D.F., México: Manual Moderno.
- Ostrosky-Solís, F., Vález-García, A., Santana-Vargas, D., Pérez, M., & Ardila, A. (2008). A middle-aged female serial killer. *Journal of Forensic Sciences*, 53(5), 1223–1230.
- Paulus, M., Hozak, N., Zauscher, B., McDowell, J., Frank, L., Brown, G. y Braff, D. (2001). Prefrontal, Parietal, and Temporal Cortex Networks Underlie Decision-Making in the Presence of Uncertainty. *Neuroimage*, 13, 91-100.
- Pascual, B., Masdeu, J., Hollenbeck, M., Makris, N., Insuasti, R., Ding, S.-L., y cols. (2013). Large-Scale Brain Networks of the Human Left Temporal Pole: A Functional Connectivity MRI Study. *Cerebral cortex*, 25(3), 680-702.
- Papousek, I., Weiss, E., Mosbacher, J., Reiser, E., Schuler, G. y Fink, A. (2014). Affective processing in positive schizotypy: Loose control of social-emotional information. *Brain and Cognition*, 92, 84-91.
- Pertides, M., y Pandya, D. (1999). Dorsolateral prefrontal cortex: comparative cytoarchitectonic analysis in the human and macaque brain and corticocortical connection patterns. *European Journal of Neuroscience*, 11, 1011-1036.

- Petrides, M. y Pandya, D. N., (1984). Projections to the frontal cortex from the posterior parietal region in the Rhesus-monkey. *Journal of Comparative Neurology*, 228, 105-1166.
- Petrides, M. (2005). Lateral prefrontal cortex: architectonic and functional organization. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 360, 781-795.
- Phillips, M., Drevets, W., Rauch, S., y Lane, R. (2003). Neurobiology of Emotion Perception I: The Neural Basis of Normal Emotion Perception. *Biological Psychiatry*, 54(5), 504-514.
- Pollak, S., Nelson, C., Schlaak, M., Roeber, B., Wewerka, S., Wiik, K., y cols. (2010). Neurodevelopmental Effects of Early Deprivation in Post-Institutionalized Children. *Children Development*, 81, 224-236.
- Prabhakaran, R., y Gray, J. (2012). The Pervasive nature of unconscious social information processing in executive control. *Frontier in human neuroscience*, 6(105), 1-12.
- Quirk, G., y Gehlert, D. (2003). Inhibition of the amygdala: key to pathological states? *Annals of the New York Academy Sciences*, 985, 263-272.
- Raine, A., Venables, P. H., Dalais, C., Mellingen, K., Reynolds, C., y Mednick, S. A. (2001). Early educational and health enrichment at age 3-5 years is associated with increased autonomic and central nervous system arousal and orienting at age 11 years: evidence from the Mauritius Child Health Project. *Psychophysiology*, 38(2), 254-266.
- Ramnani, N., y Owen, A. (2004). Anterior prefrontal cortex: Insight into function from anatomy and neuroimaging. *Nature Reviews*, 5, 184-194.
- Rangel, A., Camerer, C., y Motague, R. (2008). A framework for studying the neurobiology of value-based decision making. *Nature Reviews Neuroscience*, 9, 1-12.
- Raposo, A., Vicens, L., Clithero, J., Dobbins, J., y Huettel, S. (2011). Contributions of frontopolar cortex to judgments about self, others and relations. *Scan*, 6, 260-269.

- Ray, R., y Zald, D. (2012). Anatomical insights into the interaction of emotion and cognition in the prefrontal cortex. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 36, 479–501.
- Rees, C. (2008). The influence of emotional neglect on development. *Pediatric and Child Health*, 18, 527-534.
- Rempel-Clower, N., y Barbas, H. (2000). The lamminar pattern connections between prefrontal and anterior temporal cortices in the Rhesus Monkey is related to cortical structure and function. *Cerebral cortex*, 10, 851-865.
- Ridderinkhof, K., van den Wildenberg, W., Segalowitz, S., y Carter, C. (2004). Neurocognitive mechanisms of cognitive control: The role of prefrontal cortex in action selection, response inhibition, performance monitoring, and reward-based learning. *Brain and Cognition*, 56, 129–140.
- Rieder, M., Rahm, B., Williams, J., y Kaiser, J. (2011). Human gamma-band activity and behavior. *International Journal of Psychophysiology*, 79, 39-48.
- Rilling, J., y Sanfey, A. (2011). The Neuroscience of Social Decision-Making. *Annual Reviews of Psychology*, 62, 23-49.
- Rilling, J., Sanfey, A., Aronson, J., Nystrom, L., y Cohen, J. (2004). The neural correlates of theory of mind within interpersonal interactions. *Neuroimage*, 22, 1694–1703.
- Rizo-Martínez, L., Sanz-Martin, A., Guevara, M.A., Hernández-González, A., Inozemtseva, O. y Robles-Aguirre, F. (2015). EEG Correlations during WCST Performance in Female Adolescents with Sexual Abuse-Related Post-Traumatic Stress Disorder. *Journal of Behavioral and Brain Science*, 5, 239 - 250. [1] [SEP]
- Rotemberg, J. (2008). Minimally acceptable altruism and the ultimatum game. *Journal of Economic Behavior y Organization*, 66, 457-476.
- Ruby, P., y Decety, J. (2004). How Would You Feel versus How Do You Think She Would Feel? A Neuroimaging Study of Perspective-Taking with Social Emotions. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(6), 988-999.
- Rutter, M., Kreppner, J., Croft, C., Murin, M., Colvert, E., Beckett, C., Catle, J. & Sonuga-Barke E. (2007). Early adolescent outcomes of institutionally

- deprived and non-deprived adoptees. <sup>SEP</sup>III. Quasi-autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 28(12), 1200-1207.
- Sakata, H., Shibutani, H. y Kawano, K. (1980). Spatial properties of visual fixation neurons in posterior parietal association cortex of the monkey. *Journal of Neurophysiology*, 43, 1654-1672.
- Sanfey, A., y Chang, L. (2008). Multiple Systems in Decision Making. *Annals of New York Academy Science*, 1128, 53-62.
- Sanfey, A. (2007). Decision Neuroscience New Directions in Studies of Judgment and Decision Making. *Current Directions in psychological sciences*, 16(3), 151-155.
- Sanfey, A., Loewenstein, G., McClure, S., y Cohen, J. (2006). Neuroeconomics: cross-currents in research on decision-making. *Trends in Cognitive Neuroscience*, 10(3), 108-116.
- Sanfey, A., Rilling, J., Aronson, A., Nystrom, L., y Cohen, J. (2003). The Neural Basis of Economic Decision-Making in the Ultimatum Game. *Science*, 300, 1755-1758.
- Santesso, D., Segalowitz, S., Ashbaugh, A., Antony, M., McCabe, R., y Schmidt, L. (2008). Frontal EEG asymmetry and sensation seeking in young adults. *Biological Psychology*, 78, 164–172.
- Sanz-Martin, A., Rizo-Martínez, L.E. y Hevia-Orozco, J. C. (2015). Circuitos cerebrales afectados en niños víctimas de maltrato infantil. En M. Hernández-González, A. Sanz-Martin y M.A. Guevara (Eds.). *Circuitos cerebrales implicados en la cognición y la conducta*. México: El manual Moderno.
- Save the Children UK (2009). Keeping children out of harmful institutions: why we should be investing in family-based care. London: Save the Children UK. <sup>SEP</sup>
- Secretaría de Salud. (1999). NORMA Oficial Mexicana NOM-190-SSA1-1999, Prestación de servicios de salud. Criterios para la atención médica de la violencia familiar.

- Semendeferi, K., Armstrong, E., Schleicher, A., Zilles, K., y Van Hoesen, G. (2001). Prefrontal Cortex in Humans and Apes: A Comparative Study of Area 10. *American Journal of Physical Anthropology*, 114, 224-241.
- Shallice, T. Y Burguess, P. (2001). Deficits In Stra Tegy Applica Tion Following Frontal Lobe Damage In Man. *Brain*, 114, 727-741.
- Simmons, K., Reddish, M., Bellgowan, P., y Martin, A. (2010). The Selectivity and Functional Connectivity of the Anterior Temporal Lobes. *Cerebral cortex*, 20, 813-825.
- Shukla, D. K., Keehn, B., & Müller, R. A. (2011). Tract-specific analyses of diffusion tensor imaging show widespread white matter compromise in autism spectrum disorder. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 52(3), 286–295.
- Souga-Barke, E., Beckett, C., Kreppner, J., Castle, J., Colvert, E., Stevens, S., Hawkins, A. y Rutter, M. (2008). Is sub-nutrition necessary for a poor outcome following early institutional deprivation? *Developmental Medicine y Child Neurology*, 50, 664–671.
- Spence, S., Barrett, P., y Turner, C. (2003). Psychometric properties of the Spence Children's Anxiety Scale with young adolescents. *Anxiety Disorders*, 17, 605-625.
- Steinberg, L. (2005). Cognitive and affective development in adolescence. *Trends in Cognitive Neuroscience*, 9(2), 69-74.
- Steinberg, L. (2008). A Social Neuroscience Perspective on Adolescent Risk-Taking. *Developmental Research*, 28(1), 78–106.
- Straub, P., y Murnighan, K. (1995). An experimental investigation of ultimatum games: information, fairness, expectations, and lowest acceptable offers. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 27, 345-364.
- Suzuki, W. (1996). The anatomy, physiology and functions of the perirhinal cortex. *Current Opinion in Neurobiology*, 6, 179-186.
- The St. Petersburg—USA Orphanage Research Team<sup>[1]</sup><sub>SEB</sub> (2008). *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 73(3), 1-206.

- Thiebaut de Shotten, M., Dell'Acqua, F., Valabregue, R. y Catani, M. (2012). Monkey to human comparative anatomy of the frontal lobe association tracts. *Cortex*, 48, 82-96.
- Tsujimoto, S., Genovesio, A., y Wise, S. (2011). Frontal pole cortex: encoding ends at the end of the endbrain. *Cell Press*, 15(4), 169-172.
- Tsvetomira, T., Baldo, D., Lema, V., y Garcia-Molina, G. (2008). EEG-Rhythm Dynamics during a 2-back Working Memory Task and Performance. *Philips Research Europe*.
- United Nations Children's Foundation (2012). Progress for Children A report card on adolescents.
- Vaish, A., Carpenter, M., y Tomasello, M. (2010). Young Children Selectively Avoid Helping People With Harmful Intentions. *Child Development*, 81(6), 1661-1669.
- van Asselen, M., Kessels, R., Neggers, S., Kappelle, L., Frijns, C. y Postma, A (2006) Brain areas involved in spatial working memory. *Neuropsychologia*, 44, 1185-1194.
- van den Bos, W., van Dijk, E., Westenberg, M., Rombouts, S. y Crone, E. (2011). Changing Brains, Changing Perspectives: The Neurocognitive Development of Reciprocity. *Psychological Science* 22(1) 60–70.
- van 't Wout, M., Kahn, R., Sanfey, A., y Aleman, A. (2006). Affective state and decision-making in the Ultimatum Game. *Experimental Brain Research*, 169, 564–568.
- van 't Wout, M., Kahn, R., Sanfey, A., y Aleman, A. (2005). Repetitive transcranial magnetic stimulation over the right dorsolateral prefrontal cortex affects strategic decision-making. *Cognitive Neuroscience and Neuropsychology*, 16(16), 1849-1852.
- von Neumann, J. and Morgenstern, O. (1944). Theory of Games and Economic Behavior. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Varela, F., Lachaux, J., Rodríguez, E. & Martinerie, J. (2001). The Brainweb: Phase Synchronization And Large-Scale Integration. *Nature Reviews*, 2, 229- 239.

- Vogeley, K., Bussfeld, P., Newen, A., Herrmann, S., Happé, F., Falkai, P., Maier, W., Shah, N., J., Fink, G., R. y Zilles, K. (2001). Mind Reading: Neural Mechanisms of Theory of Mind and Self-Perspective. *NeuroImage*, 14, 170 – 181.
- Walle, E. y Campos, J. (2011). Interpersonal Responding to Discrete Emotions: A Functionalist Approach to the Development of Affect Specificity. *Emotion Review*, 4(4), 413-422.
- Wang, L., Dai, Z., Peng, H., Tan, L., Ding, Y., He, Z., ... Li, L. (2014). Overlapping and segregated resting-state functional connectivity in patients with major depressive disorder with and without childhood neglect. *Human Brain Mapping*, 35(4), 1154– 1166.
- Wechsler, D. (1997). Escala de Inteligencia para Adultos, WAIS-Español. México, D.F., México: El Manual Moderno.
- Wechsler, D. (2003). Wechsler Intelligence Scale for Children (WISC-IV). San Antonio, Texas, E.E.U.U.: Psychological Corporation.
- Willis, J., y Todorov, A. (2006). First Impressions Making Up Your Mind After a 100-Ms Exposure to a Face. *Psychological Science*, 17(7), 592-598.
- Wolters, G., y Raffone, A. (2008). Coherence and recurrency: maintenance, control and integration in working memory. *Cognitive Process*, 9, 1-17.
- Wong, C., y Gallate, J. (2012). The function of the anterior temporal lobe: A review of the empirical evidence. *Brain Research*, 1449, 94-116.
- Yeterian, E., Pandya, D., Tomaiuolo, F., y Petrides, M. (2012). The cortical connectivity of the prefrontal cortex in the monkey brain. *Cortex*, 48, 58-81.
- Yun, K., Chung, D., y Jeong, J. (2008). Emotional Interactions in Human Decision Making using EEG Hyperscanning. 1-4.
- Yun, K. (2010). Neural mechanisms of decision making in the Ultimatum Game in the context of interactions between emotion and reason. Doctoral Thesis. KAIST



## Anexos

### **FORMATO INFORMATIVO Y SOLICITUD DE CONSENTIMIENTO**

INSTITUTO DE NEUROCIENCIAS. UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA.

LABORATORIO DE CORRELACIÓN ELECTROENCEFALOGRÁFICA Y CONDUCTA

Su hijo o el adolescente que tiene a su cargo, está invitado a participar en un estudio de investigación orientado a evaluar la correlación cerebral por medio del electroencefalograma durante la ejecución de tareas que requieren funciones ejecutivas. Este estudio consta de dos sesiones. Por esta razón, a través de este formato, le estamos solicitando su consentimiento para aplicarle a su hijo o el adolescente que tiene a su cargo, ciertas pruebas clínicas y neuropsicológicas así como un registro electroencefalográfico.

#### **INFORMACIÓN**

1. Los procedimientos que se seguirán, son métodos NO INVASIVOS e INDOLOROS.
2. Tanto los directores del proyecto como los responsables de las sesiones de registro y análisis de datos son profesionales en el área de la investigación y están ampliamente capacitados para llevar a cabo este proyecto.
3. La identidad de todos los participantes en los registros se mantendrá anónima.
4. La información y los resultados de la investigación no serán usados para ningún propósito engañoso.
5. Todos los datos que resulten relevantes para el interés científico serán publicados en revistas especializadas y representarán los datos de toda una muestra.

#### **RIESGOS**

No hay riesgos previsible en esta investigación ni antes ni después de todo el procedimiento.

#### **BENEFICIOS**

La aplicación de pruebas clínicas y neuropsicológicas es una herramienta muy utilizada para diagnóstico en diferentes instituciones de salud y de investigación en todo el mundo. Además, el registro electroencefalográfico es una técnica ampliamente utilizada en el diagnóstico de alteraciones de la actividad eléctrica cerebral, como son epilepsia o tumores entre otras. Al participar en este proyecto, el registro realizado pudiera servirle como una referencia del estado de salud que guarda el sistema nervioso central de su hijo o al adolescente que tiene a su cargo, así como de un pequeño índice en el diagnóstico de su estado clínico y neuropsicológico.

#### **NIVEL DE CONFIANZA**

Los materiales de investigación sólo estarán al acceso del grupo de trabajo del laboratorio de Correlación electroencefalográfica y conducta y de las personas responsables de la atención del participante; no serán usados sin el permiso del jefe del mismo.

#### **PARTICIPACIÓN**

La participación en este estudio de su hijo o el adolescente que tiene a su cargo es voluntaria. Si su hijo o el adolescente que tiene a su cargo decide no participar, puede retirarse del estudio sin problema alguno.

#### **CONSENTIMIENTO**

He leído este formato y he recibido una copia de él. Todas mis interrogantes con respecto a mis intereses particulares han sido contestadas satisfactoriamente. Por consiguiente, estoy de acuerdo en participar en este estudio.

\*Si usted tiene preguntas en algún momento acerca de este estudio o los procedimientos, debe contactar a los responsables del proyecto: Lic. Médico Cirujano Jorge Carlos Hevia Orozco, Dr. Miguel Ángel Guevara Pérez y Dra. Marisela Hernández González. Adscritos a: Instituto de Neurociencias, CUCBA, Universidad de Guadalajara. Calle Francisco de Quevedo 180, col. Arcos Vallarta, Guadalajara, Jalisco C.P. 44130. Teléfono: 38180740 ext. 33360 y 33362. Correo electrónico: jhevia@hotmail.com; mguevara@cencar.udg.mx; mariselh@cencar.udg.mx

Nombre y firma de la participante: \_\_\_\_\_

Guadalajara, Jalisco a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_

## CUESTIONARIO DEMOGRÁFICO

La información que usted nos proporcione será confidencial y solamente será utilizada para fines de la investigación en la cual usted participa, es decir, ningún resultado que se presente de este estudio hará referencia a personas en particular.

Firma de la entrevistado certificando que aceptó contestar

FECHA:

I. DATOS DE IDENTIFICACIÓN

N O M B R E \_\_\_\_\_

DIRECCIÓN Y TELÉFONO \_\_\_\_\_

FECHA DE NACIMIENTO/EDAD \_\_\_\_\_

OCUPACIÓN \_\_\_\_\_

II. NIVEL EDUCATIVO

III. SALUD

¿Cómo calificaría su estado de salud actual?

Muy bueno Bueno Regular Malo Muy malo

¿Padece alguna enfermedad crónica orgánica, psiquiátrica o neurológica?

NO

Sí especifique \_\_\_\_\_

IV. ESTADO CIVIL

V. Consumo de sustancias

Alcohol \_\_\_\_\_

Tabaco \_\_\_\_\_

Otros \_\_\_\_\_

Edad de inicio de consumo \_\_\_\_\_

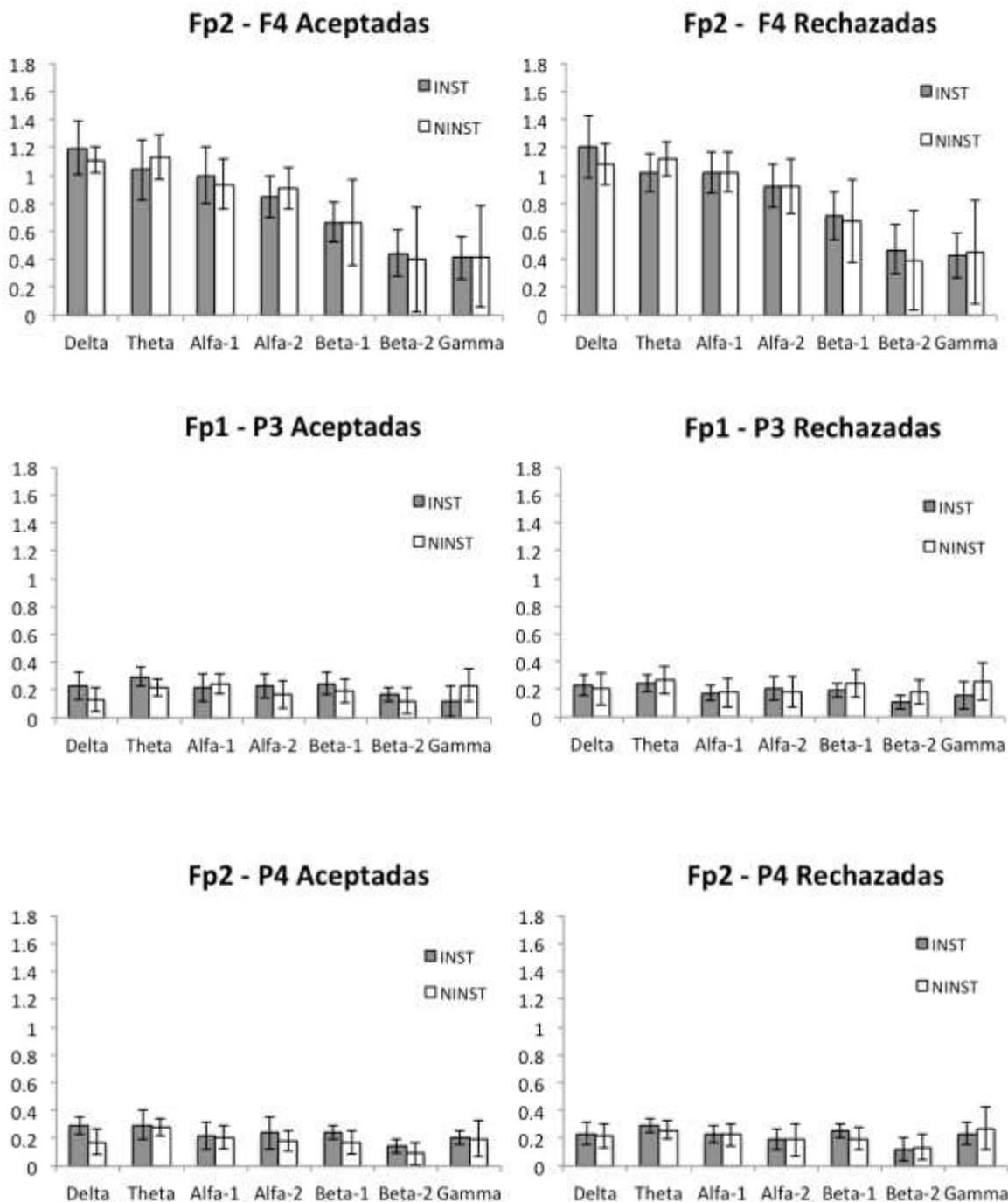
Frecuencia \_\_\_\_\_

VI. ACCIDENTES

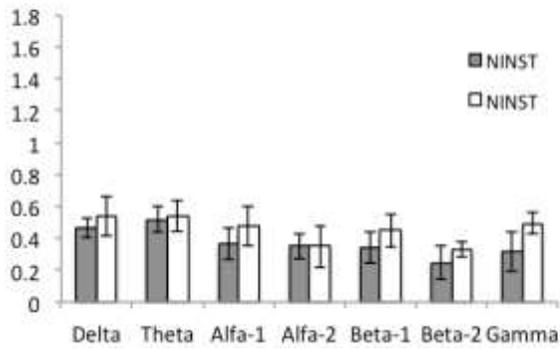
VII. ENFERMEDADES INFECCIOSAS

VIII. TRATAMIENTOS PSIQUIATRICOS O NEUROLOGICOS

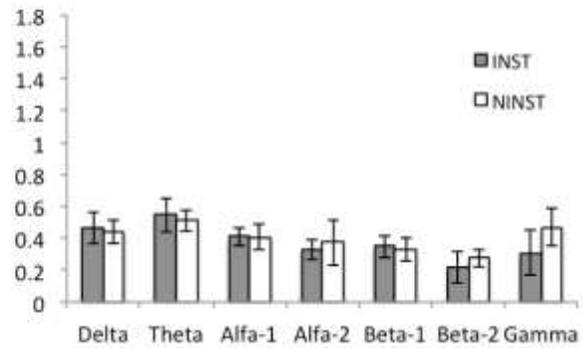
Gráficas de las correlaciones entre las áreas que no presentaron diferencias significativas entre ambos grupos.



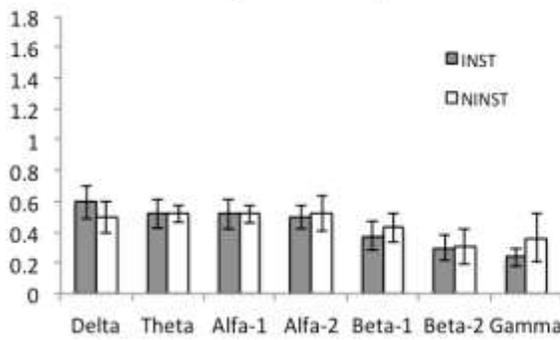
**F3 - P3 Rechazadas**



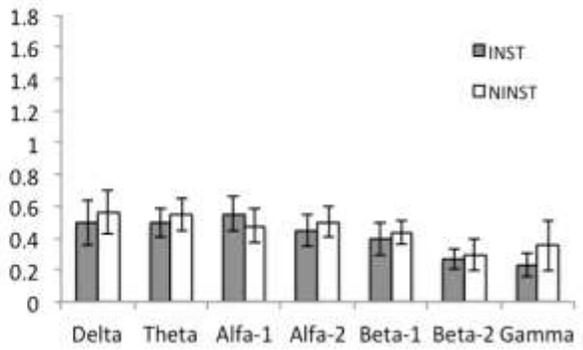
**F4 - P4 Rechazadas**



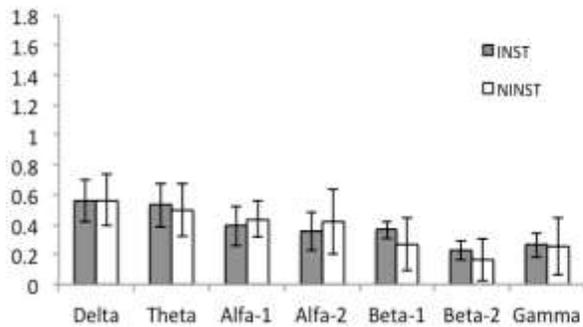
**Fp1-T3 Aceptadas**



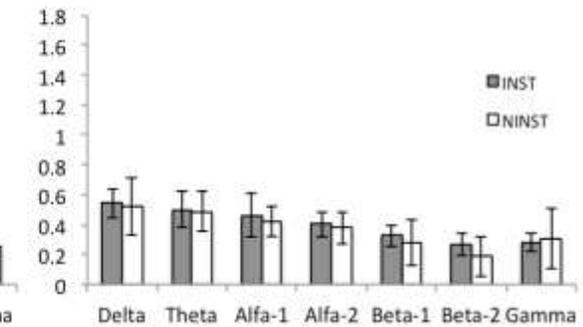
**Fp1-T3 Rechazadas**



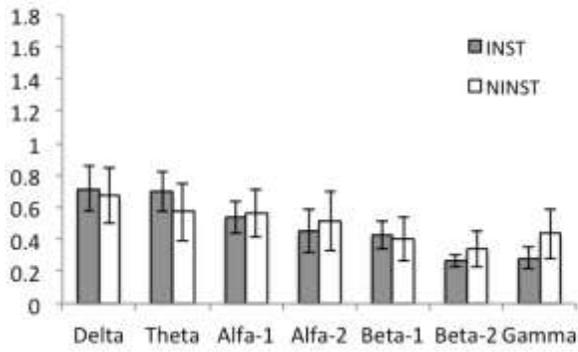
**Fp2-T4 Aceptadas**



**Fp2-T4 Rechazadas**



**F4 - T4 Aceptadas**



**F4 - T4 Rechazadas**

