



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**MAESTRÍA EN CIENCIAS (NEUROBIOLOGÍA)**  
**INSTITUTO DE NEUROBIOLOGÍA**

**CARACTERIZACIÓN DE LA CONECTIVIDAD FUNCIONAL CEREBRAL  
RELACIONADA A COMPONENTES DE LA RESPUESTA EMPÁTICA**

**TESIS**  
**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:**  
**MAESTRO EN CIENCIAS**

**PRESENTA:**  
**VÍCTOR ENRIQUE OLALDE MATHIEU**

**TUTOR O TUTORES PRINCIPALES**  
**DR. SARAEL ALCAUTER SOLÓRZANO**  
**DR. FERNANDO A. BARRIOS ÁLVAREZ**  
**EN SU CASO, MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR**  
**DR. ROBERTO MERCADILLO CABALLERO**  
**DRA. JOSEFINA RICARDO GARCELL**

**MÉXICO AGOSTO 2016**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



## RESUMEN

Recientemente se empezó a considerar a la empatía en el ser humano, como un fenómeno modulable y controlable. Por lo mismo, se sabe poco de las interacciones entre sus distintos componentes y la conectividad funcional (CF) de estos. Para entender más de estas interacciones, se caracterizaron algunos de los componentes de la respuesta empática en un grupo de terapeutas cuyo entrenamiento se basa prácticamente en la constante modulación de dichos componentes, siendo la toma de perspectiva y la regulación emocional dos de los principales componentes que modulan. Para dicha caracterización se comparó a un grupo de terapeutas con un grupo de no-terapeutas. Se encontró que los terapeutas se diferencian conductualmente de los no-terapeutas, presentando una mayor toma de perspectiva y en el poco uso de la estrategia de supresión expresiva. Asimismo los terapeutas presentaron diferencias significativas en la CF de áreas relacionadas con dichos componentes. Presentando una menor CF hacia áreas más posteriores que están relacionadas con procesos de inferencia o evocación autobiográfica (Precuneus), una mayor conectividad hacia zonas más ventrales involucradas en la percepción y procesamiento del lenguaje (*ITPJ*) y la regulación emocional (*SMA*). Estos resultados junto con los conductuales sugieren que los terapeutas, dado a su entrenamiento, usan diferentes estrategias para el entendimiento del otro y que estas se pueden ver reflejadas en la CF entre diferentes circuitos. Si bien no podemos saber si dichas diferencias se encontraban antes del entrenamiento, este estudio da pauta para evaluar la plasticidad cerebral asociada al entrenamiento a un plazo más corto.

**Palabras clave:** empatía, regulación empática, regulación emocional, toma de perspectiva, conectividad funcional.

## ABSTRACT

Only recently we have started to view empathy as a possible controllable phenomenon. Thus little is known of the interactions and functional connectivity, between the different components of the empathic response. To get more understanding of these interactions we characterized a group of alliance-therapists which training is based in the frequent modulation of such components, being perspective taking and emotional regulation two of the principal components of that training. To do this we contrasted behavioral scores and FC of a series of regions involved with perspective taking and emotion regulation, in a group of therapist and non-therapists. The therapists present significantly higher scores in perspective taking, and significant low scores in the use of the strategy of emotional suppression. Add to that, they present less FC towards posterior areas involved with inference process and autobiographical retrieving. They also present more FC towards more ventral areas involved in language processing and emotion regulation. In sum these results suggest that the therapist due to their training use different strategies to infer the mental state of others, and that these strategies can be represented in the FC between different networks. Although, we don't know if such differences were present before training, this study serves as a precedent to study further the plasticity of this training in a shorter time lapse.

**Keywords:** empathy, empathic regulation, emotional regulation, perspective taking, functional connectivity.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional Autónoma de México y Al Programa de Maestría de Neurobiología del Instituto de Neurobiología.

Gracias al CONACYT por la beca para realizar mis estudios (Becario: 330989; CVU 619655).

A la Unidad de Enseñanza del Instituto de Neurobiología: M en C Leonor Casanova Rico, por toda la ayuda otorgada, asimismo a María del Carmen Mendoza López quien siempre tuvo disposición para prestarme ayuda y a Guadalupe Amador Uribe quien innumerables veces me alivió el pesar de los trámites.

Al personal de la Biblioteca del Campus Juriquilla

A la Unidad De Resonancia Magnética y a todo su equipo de Apoyo: M en C. Juan José Ortiz Retana, Enf. Ma. Ángeles Zavala González, Tec. Rad. Jorge Bravo Gamboa, Lic. Javier A. García Correa y en especial al Dr. Erick Pasaye Alcaráz por toda su ayuda en la realización de este proyecto.

Al Dr Fernando Barrios y al M. en C. Leopoldo Gonzales Santos por toda la ayuda otorgada

Al M en C Zeus Gracia por toda la ayuda y asesorías constantes. Asimismo a la Dra. Arafat Angulo Perkins por el apoyo conceptual dado al inicio de este proyecto y a la Dra. Azalea Reyes, por guiar y fungir prácticamente como otra tutora en la elaboración de esta tesis.

Al Resto de mis compañeros del laboratorio C 25: Dina Iathzil, LiLi Mondragón, Vicente Camacho, Pablo Vazquez, Raúl Rodríguez, Itzamá Moncada, Circe, Laura Cueya, Edgar, Rafael, Arafat, Federica Sassi, Azalea, Edna y Zeus. Asimismo a mi equipo de estadística, Min, Melani, Alfonso, Maricarmen, América, gracias por todo su apoyo.

A los Dres. Michel y al Dr. Manuel Ramos por su apoyo con los participantes.

A la. Esp. en Psiq. y M. en C. Maricarmen Jiménez por su apoyo en las revisiones y en la asesoría de la parte clínica de este proyecto.

Agradezco la confianza otorgada por aceptar la propuesta de este proyecto, a la Dra. Federica Sassi, al Dr. Fernando A. Barrios y al Dr. Sarael Alcauter; por permitir así su realización.

A la Dra. Josefina Ricardo Garcell por las aportaciones dadas a este proyecto.

A los miembros del Jurado: Dra. Yolanda del Rio, Dr. Victor de Lafuente, Dr. Pavel Rueda, Dr. Roberto Mercadillo

A mi tutor el Dr. Sarael Alcauter Solórzano por todo su apoyo.

## LISTA DE ABREVIATURAS

PT	-Toma de Perspectiva
RE	-Regulación Emocional
<i>fMRI</i>	-Resonancia magnética funcional
<i>rsfMRI</i>	-Resonancia magnética funcional en estado de reposo
CF	-Conectividad Funcional
<i>AI</i>	-Ínsula anterior
<i>dACC</i>	-Corteza del cíngulo dorsal anterior
<i>ToM</i>	-Teoría de la mente
<i>vmPFC</i>	-Corteza prefrontal ventromedial
<i>STS</i>	-Surco temporal superior
<i>TPJ</i>	-Región temporoparietal
<i>pCC</i>	-Cortez del cíngulo posterior
<i>PCu</i>	-Precuneus
<i>IFG</i>	-Giro frontal inferior
<i>rIFG</i>	-Giro frontal inferior derecho
<i>TPJmTG</i>	-Región temporoparietal del giro medial temporal
<i>rTPJ</i>	-Región temporoparietal derecha
<i>rTPJmedTemp</i>	-Región temporoparietal derecha de la región medial temporal
<i>arTPJ</i>	-Región temporoparietal anterior derecha
<i>prTPJ</i>	-Región temporoparietal posterior derecha
IRI	-Índice de Reactividad Interpersonal
ERQ	-Cuestionario de Regulación Emocional
FS	-Fantasía
TCP	-Terapia Centrada en la Persona
<i>dmPFC</i>	-Corteza prefrontal dorsomedial
<i>rIPL</i>	-Lóbulo parietal Inferior derecho
<i>lIPL</i>	-Lóbulo parietal Inferior izquierdo
DIS	-Dificultad para diferenciar sentimientos
DES	-Dificultad para expresar sentimientos
PEO	-Pensamiento externamente orientado
<i>SP</i>	-Lóbulo parietal superior
<i>pIPS</i>	-Surco parietal Inferior posterior
<i>dIPFC</i>	-Corteza prefrontal dorsolateral
<i>mACC</i>	-Corteza del cíngulo anterior medial

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2. ANTECEDENTES</b>	<b>4</b>
2.1 Introducción al estudio de la empatía	4
2.2 Bases neurales de la empatía	5
2.3 Modulación y regulación de las respuestas empáticas	7
2.4 Componentes de la respuesta empática	10
2.4.1 Toma de perspectiva	11
2.4.1.1 Región Temporoparietal derecha (rTPJ)	12
2.4.2 Regulación emocional	13
2.4.3 Medición conductual de la Toma de Perspectiva y la Regulación Emocional	15
2.5 Relaciones personales y alianza terapéutica	16
2.5.1 Terapia Centrada en la Persona (TCP)	18
2.6. Estudio de entrenamientos cognitivos con <i>rsfMRI</i>	21
<b>3. JUSTIFICACIÓN</b>	<b>23</b>
<b>4. FASES DEL ESTUDIO</b>	<b>24</b>
<b>5. HIPÓTESIS GENERAL</b>	<b>24</b>
<b>6. OBJETIVO GENERAL</b>	<b>24</b>
<b>7. CARACTERIZACIÓN CONDUCTUAL</b>	<b>25</b>
7.1. Hipótesis	25
7.2. Objetivo	25
7.3. Participantes, Materiales y Métodos	25
7.3.1. Participantes	25
7.3.2. Pruebas	25
7.3.2.1. Índice de Reactividad Interpersonal (IRI)	25
7.3.2.2. Cuestionario de Regulación Emocional (ERQ)	26
7.3.3. Análisis	27
7.4. Resultados	27
7.4.1. Diferencias en Constructos	27
7.4.2. Correlaciones	29
7.5 Discusión	30
7.5.1. Diferencias en Constructos	30

7.5.2. Correlaciones	31
<b>8. Estudio <i>rsfMRI</i></b>	<b>32</b>
8.1 Hipótesis	33
8.2. Objetivo	33
8.3. Sujetos, Materiales y Métodos	33
8.3.1. Sujetos	33
8.3.2. Pruebas conductuales complementarias	34
8.3.2.1. Pruebas como criterio de exclusión	34
8.3.2.2. Análisis de las pruebas.	34
8.3.3. Equipo y metodología	34
8.3.3.1. Procedimiento de Adquisición	35
8.3.3.2. Análisis de datos	35
8.3.3.3. Preprocesamiento	36
8.3.3.4. Análisis de Conectividad Funcional	37
8.4 Resultados	39
8.4.1. Pruebas conductuales	39
8.4.2. Conectividad Funcional	40
8.4.2.1. No-terapeutas > Terapeutas (N>T)	40
8.4.2.2. Terapeutas > No-terapeutas (T>N)	42
8.5 Discusión	44
8.5.1. Pruebas conductuales	44
8.5.2. Conectividad Funcional	45
8.5.2.3. Percepción e Inferencia	47
<b>9. CONCLUSIÓN</b>	<b>50</b>
<b>10. LIMITACIONES Y PERSPECTIVAS</b>	<b>50</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>51</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>57</b>
<b>LISTA DE TABLAS</b>	<b>57</b>
<b>APÉNDICE A</b>	<b>58</b>
A.1. Breve introducción a la <i>fMRI</i>	58
A.2. Conectividad funcional y estado de reposo	60
<b>APÉNDICE B</b>	<b>63</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

La empatía es la habilidad de compartir de forma vicaria nuestros estados afectivos, es parte crucial de nuestras relaciones sociales y se ha hipotetizado que podría ser la motivación principal para la generación del comportamiento prosocial (de Waal, 2012). Nos permite predecir y entender los sentimientos del otro, así como sus acciones e intenciones (De Vignemont & Singer, 2006). Cuando esta habilidad se ve afectada pueden emerger disfunciones sociales, tal es el caso de pacientes con esquizofrenia, sociopatía y autismo (Lynch y col., 2013; Smith y col., 2014; Freeman y col., 2014).

En los últimos 20 años, investigaciones relacionadas con la empatía han proporcionado nuevos conocimientos respecto a sus posibles correlatos neuronales, como la red base de la empatía (ínsula bilateral y cíngulo dorsal anterior) y áreas relacionadas con la volición empática. Estas contribuciones han sido esenciales para empezar a entender a la empatía como un fenómeno dinámico, maleable y posiblemente controlable (Engen & Singer, 2013).

De esta manera se puede proponer a la respuesta empática como un constructo multicomponente y regulable (Decety, 2011; Engen & Singer, 2013; Eres y col., 2015). Dos de los componentes de la respuesta empática más estudiados son: (a) la toma de perspectiva (PT) (de Waal, 2012), que se refiere a la habilidad de entender el punto de vista de otra persona, y (b) la regulación emocional (RE), que puede describirse como la modulación de las respuestas generadas después de atender y evaluar estímulos emocionales (Giuliani y col., 2011; Decety, 2011). Ambos son cognitivos y pueden ser modulados para afectar nuestra respuesta empática. El uso y presencia de estos componentes, además, pueden ser medidos mediante escalas psicométricas.

Al interactuar día a día con la gente, realizamos inferencias mentales que dependen de nuestro estado de ánimo y de las preconcepciones y juicios que tenemos o ejercemos de la persona con la que nos relacionamos. Estos factores pueden alterar nuestro estado empático y determinar nuestro comportamiento hacia el otro, repercutiendo así en nuestras relaciones personales. La modulación de nuestra

respuesta empática nos permite socializar de forma exitosa fortaleciendo nuestras relaciones personales, permitiendo adaptarnos propiamente a las situaciones dando un mejor entendimiento a la otra persona. Esta modulación de la respuesta empática es de especial interés en el campo de la salud, en donde aún hoy en día el contacto cara a cara es esencial para cualquier tratamiento (Decety, 2011; Tei y col., 2014), teniendo aun una mayor importancia en la *relación paciente-terapeuta* (alianza terapéutica).

Se ha visto que la alianza terapéutica juega un papel esencial en todas las terapias, llegando a pronosticar la eficiencia de las mismas. La alianza terapéutica promueve el fortalecimiento de la relación paciente-terapeuta, a través del contacto cara a cara, evitando la emisión de juicios y analogías, enfatizando en el entendimiento del mensaje. Aquellas terapias que desarrollan su tratamiento alrededor de estos conceptos se les denominan terapias con base en alianza. Generalmente, estas terapias van acompañadas de otras técnicas o metodologías, y requieren que el terapeuta este constantemente modulando su estado empático a través de la toma de perspectiva y la regulación de emociones.

Una terapia con base en alianza, que prácticamente no utiliza ninguna otra técnica más que el entrenamiento de alianza terapéutica, es la terapia centrada en la persona (TCP). Rogers (1957) sugiere que para inferir el estado mental del otro es necesario que el terapeuta deje a un lado las analogías autobiográficas, al igual que las preconcepciones de la situación del paciente, así como del paciente mismo. Para lograr esto, el terapeuta debe estar regulando frecuentemente sus emociones, lo cual aumenta la congruencia del terapeuta. Tomando esto en cuenta, Rogers (1965) especifica que el uso de la supresión de emociones entorpece el trabajo terapéutico y por ende la respuesta empática, ya que es una estrategia de regulación que requiere un mayor esfuerzo y disminuye la congruencia del terapeuta. La continua modulación de la toma de perspectiva y la regulación emocional permite una mejor apreciación del mensaje.

Debido a la constante práctica de la modulación de estos dos componentes (PT y RE), decidimos caracterizar las diferencias relacionadas a ellos, entre un grupo de terapeutas especialistas en la TCP y un grupo de no-terapeutas. Para esto, primero

caracterizamos conductualmente los componentes de toma de perspectiva y regulación de emociones en una muestra de 51 terapeutas especialistas en TCP y 62 no-terapeutas. Encontramos que los terapeutas presentan diferencias significativas en los constructos de toma de perspectiva y en el uso de la estrategia de supresión emocional. Los terapeutas presentaron una mayor toma de perspectiva que los no-terapeutas y un menor uso de supresión emocional como estrategia, lo cual va de acuerdo por lo estipulado en el entrenamiento. Con base en esto, se podría sugerir una modulación emocional diferente.

Posterior a este estudio decidimos ver si los resultados conductuales se podrían reflejar en la conectividad funcional de áreas relacionadas con la toma de perspectiva y la regulación emocional. Para esto, de la muestra anterior se tomaron dos grupos de 10 sujetos cada uno. Se encontró que los terapeutas presentan una mayor conectividad funcional de áreas relacionadas con la toma de perspectiva hacia áreas de apreciación y procesamiento del lenguaje, mientras que presentan una menor conectividad de las mismas áreas hacia regiones involucradas con la evocación autobiográfica.

Los resultados de conectividad funcional, en conjunto con la evaluación psicométrica, sugieren que los terapeutas usan diferentes estrategias que se ven reflejadas en la conectividad funcional entre diferentes circuitos, y que estas diferencias podrían ser dadas por su entrenamiento. Sin embargo, aunque no podemos saber si dichas diferencias se encontraban antes del entrenamiento, este estudio nos da pauta para caracterizar los posibles cambios en un entrenamiento de corto y largo plazo, donde se pueda contrastar un “antes” y un “después”. No obstante, el presente estudio representa un primer paso a la posible caracterización de un entrenamiento que pueda servir como modelo de estudio de la modulación de distintos componentes de la respuesta empática.

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1 Introducción al estudio de la empatía

La primera vez que se usó formalmente el término empatía fue en el siglo XVIII, cuando Robert Vischer usó la palabra en alemán "*Einführung*", que se podría traducir como "sentirse dentro de" (Fernandez-Pinto y col., 2008). No fue hasta 1909 cuando Titchener acuñó el término "empatía" tal y como se conoce actualmente, al traducir al inglés la concepción de Theodore Lipps del concepto "*Einführung*", valiéndose de la etimología griega *εμπάθεια* (cualidad de sentir-se dentro). El concepto de Lipps enfatizaba, desde entonces, el papel crítico de la imitación interior de las acciones de los demás.

La empatía, a través de los años, ha sido estudiada por diversas disciplinas como la filosofía, la teología, la psicología, la etología y, en las últimas décadas, la neurociencia. Sin embargo, ha habido y sigue habiendo una falta de consenso respecto a la naturaleza misma del constructo. A pesar de este desacuerdo, gran cantidad de experimentos etológicos, conductuales y de neuroimagen, convergen en que individuos de diferentes especies se afligen ante el dolor de un coespecífico y actúan para acabar con el objeto que provoca dicho dolor, incluso aunque suponga un peligro para ellos mismos (Preston & de Waal, 2002; Moya-Albiol y col., 2012).

Para de Waal (2012), la empatía es un fenómeno de diversas capas, que en su nivel basal se da por la observación de un estado emocional particular y que activa de manera automática una representación de ese estado en el observador, con las respuestas fisiológicas asociadas (Preston y de Wall, 2002; de Wall 2012). Esta representación se construye con base a una replicación motora y representaciones neurales compartidas. Sin embargo, conforme uno va estudiando la empatía en especies con cerebros cada vez más grandes y capacidades cognitivas más complejas, el fenómeno de la empatía empieza a desarrollarse también mediante un proceso cognitivo más avanzado (de Waal, 2012). Siendo en los humanos un fenómeno complejo constituido por diferentes componentes (Eres y col., 2015), ligado a procesos de alto orden como emociones de exclusión (Bernhardt & Singer, 2013), lenguaje y

funciones ejecutivas (Decety, 2011); conservando al mismo tiempo similitudes con la empatía inferida en diferentes especies, como son: los chimpancés, bonobos y ratas, entre otros (Seyfarth y col., 2013), dando como resultado una mayor diversidad en el espectro de respuestas empáticas.

La empatía en el ser humano, de la cual se hablará durante el resto de este escrito, puede ser definida: como el proceso por el cual un individuo infiere el estado afectivo del otro, mediante la generación de un estado afectivo isomórfico (“casi- idéntico”), mientras mantiene conocimiento de que la causa de dicho estado es el otro (Engen & Singer, 2013). Siendo así la empatía parte crucial para la interacción social exitosa, permitiéndonos la predicción y el entendimiento de los otros, otorgándonos a la vez la capacidad de reaccionar de acuerdo a la situación presentada. Cuando este proceso se ve afectado, emergen disfunciones sociales, tal es el caso de pacientes con esquizofrenia, sociopatía y autismo.

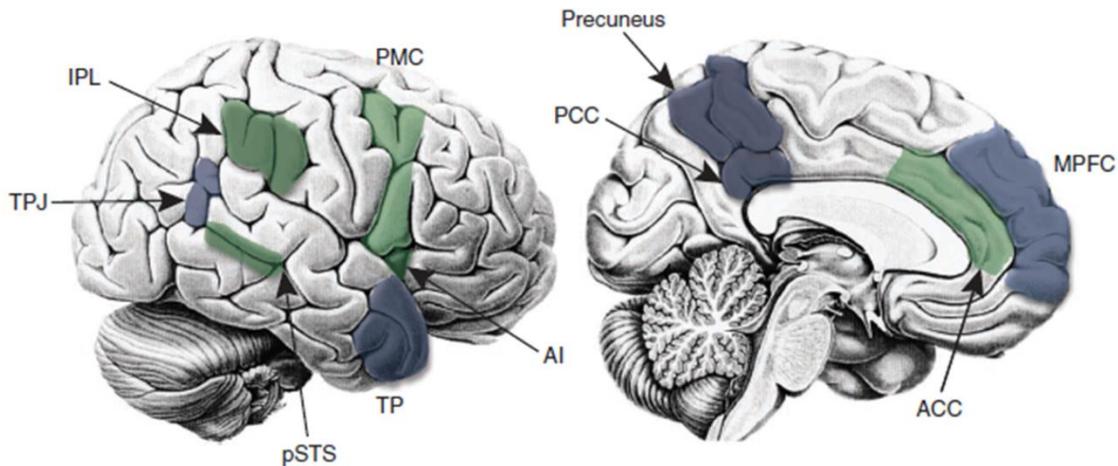
## **2.2 Bases neurales de la empatía**

En los últimos 20 años, investigaciones de resonancia magnética funcional o *fMRI*, por sus siglas en inglés<sup>1</sup>, han proporcionado nuevos conocimientos respecto a posibles correlatos neuronales de la empatía (*Figura 1*). Este es el caso de la red base de la empatía (ínsula anterior bilateral y cíngulo dorsal anterior) que apoya la hipótesis de que la experiencia empática comparte las mismas redes neuronales que la experiencia en primera persona (Engen & Singer, 2013). Esto principalmente se ha visto en estudios de empatía por el dolor, en los cuales se ha reportado que la ínsula anterior bilateral (*AI*) y el cíngulo dorsal anterior (*dACC*), se activan cuando los participantes observan a otros recibiendo un estímulo doloroso, p. ej. pinchar con una aguja una mano, estas mismas áreas son activadas cuando dicha acción es experimentada en primera persona (Fan y col., 2011; Lamm y col., 2011). Además, estas regiones se han visto implicadas en distintas funciones relacionadas con los estados afectivos. La *AI* se ha visto involucrada en la evaluación y en la experiencia de la emoción, así como en la concienciación interoceptiva. Tanto la *AI* como el *dACC* han

---

<sup>1</sup>*Functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI)*. Más de la técnica puede ser encontrado en la Apéndice A

presentado posiciones centrales (*hub-like*) en múltiples redes funcionales (Craig, 2009; Shackman y col., 2011), lo que sugiere que dichas regiones se encuentran en una posición ideal para integrar información básica de estados afectivos con información del contexto en el que se desarrollan (interno y/o externo), permitiendo la modulación del comportamiento a través de los estados empáticos generados (Engen & Singer, 2013).



*Figura 1.- Algunos correlatos neuronales de la empatía. En verde, aquellos que presentan una mayor relación con la percepción de estímulos y vivencias vicarias. En azul, aquellos que presentan una mayor relación con procesos de inferencia mental. Lóbulo parietal inferior (IPL), región temporoparietal (TPJ), surco temporal superior posterior (pSTS), polo temporal (TP), ínsula anterior (AI), corteza premotora (PMC), corteza del cíngulo posterior (PCC), corteza del cíngulo anterior (ACC), corteza prefrontal ventromedial (MPFC). (Tomada de Zaki & Oschner, 2012)*

Aunado a estas aportaciones, se encuentran las redes y áreas que dan soporte a la generación de la respuesta empática, la cual se divide principalmente en dos rutas, una perceptual y otra inferencial. Mientras que la perceptual se refiere a la respuesta al estímulo y depende de áreas de percepción y acción (Preston & de Waal, 2002); la inferencial es más abstracta y el estado afectivo es inferido mediante la representación del posible estado mental del otro. En este último, la generación de la respuesta empática depende del empleo de la inferencia del estado mental y del conocimiento previo de la situación, así como del individuo en cuestión, esto permite hacer atribuciones acerca del estado afectivo del otro. En dicho caso, la activación de la red base de la empatía es consecuente a la activación de redes relacionadas con la inferencia de procesos mentales (Frith y col., 2006)

Investigaciones sobre las bases neurales de estas dos rutas han reportado que paradigmas que utilizan procesos inferenciales se asocian con la activación de regiones previamente relacionadas con la inferencia de estados mentales o la teoría de la mente (*ToM*), tal como la corteza prefrontal ventromedial (*vmPFC*), surco temporal superior (*STS*), la región temporoparietal (*TPJ*), la corteza del cíngulo posterior (*pCC*) y el precuneus (*PCu*). De igual manera, paradigmas basados en percepción se han visto asociados con la activación de regiones previamente asociadas a la observación y generación emocional ascendente ("*bottom-up*"), como son la corteza prefrontal dorsomedial y dorsolateral, la corteza parietal inferior, el giro frontal inferior, *pars opercularis* y el mesencéfalo (Fan y col., 2011; Lamm y col., 2011). Cabe mencionar, que aunque la división de estas dos facetas parece provenir de dos rutas neuroanatómicamente distintas, estas interactúan y trabajan en conjunto para permitir la representación de los estados afectivos de los otros (Zaki y col., 2009) y en casos de algunas patologías estas se compensan entre sí (Danziger y col., 2009).

### **2.3 Modulación y regulación de las respuestas empáticas**

Durante mucho tiempo se consideró a la empatía solamente como un fenómeno innato y estático. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, el ser humano presenta una gran variabilidad en sus respuestas empáticas. El estudio de estas diversas respuestas ha dado pie a considerar a la empatía como un fenómeno dinámico, modulable y controlable (Decety, 2011; Engen & Singer, 2013).

La generación de la empatía puede ser modulada por múltiples factores referentes al contexto interno como externo en que se vive la situación, entre estos se encuentran las características de la persona (ej. género, personalidad y estado de ánimo), las características del mensaje recibido (ej. valencia, saliencia) y la apreciación personal de la situación, por mencionar algunos. La importancia de cómo las creencias que tenemos sobre el otro determinan nuestra reacción empática, se ha mostrado en diferentes estudios (Lamm y col., 2007a; Lamm y col., 2007b; Akitsuki y col., 2009). En estos estudios la apreciación del contexto mostró alterar la respuesta empática, esto mediante la manipulación de la información recibida por el participante, donde se le

informaba que era lo que el objeto de la empatía (la otra persona) realmente sentía al experimentar un estímulo doloroso. Dichos estudios encontraron que la activación de la red base de la empatía podía ser modulada en función de las diferentes interpretaciones del contexto. Se encontró que dicha modulación estaba asociada a la activación de distintas regiones, entre ellas, áreas relacionadas con la teoría de la mente (ej. *vmPFC*, *TPJ*), así como con el control ejecutivo y la regulación emocional (ej. giro frontal lateral medial, *IFG*). Estos resultados sugieren que la activación de estas áreas permite la intervención de un proceso automático de regulación emocional que modifica la apreciación emocional inmediata por aquella sugerida por el contexto (Engen & Singer, 2013). En otras palabras, muestran que lo que preconcebimos sobre los otros afecta nuestras respuestas empáticas y al mismo tiempo nos dan pauta para pensar que estas mismas pueden ser reguladas.

Estudios donde se sugiere a los participantes tomar la perspectiva de ellos mismos o de alguien más en relación a un evento o a la recepción de un estímulo doloroso, apoyan la noción de que las respuestas empáticas pueden ser reguladas. Se ha visto que la red del giro frontal superior y la *TPJ* están involucradas en la modulación de las respuestas empáticas generadas por la toma de perspectiva intencional (Cheng y col., 2010). Se ha mostrado que la actividad y conectividad de dicha red aumenta al tomar la perspectiva de un completo extraño, a diferencia de cuando se toma la perspectiva de un ser querido, en donde solo zonas de la red base de la empatía (*AI*, *dACC*) aumentan su actividad. Singer y Engen (2013) mencionan que esto podría sugerir que la toma de perspectiva puede servir como una estrategia regulatoria en el incremento o decremento de las respuestas empáticas. Asimismo, la influencia de la toma de perspectiva en la empatía ya había sido sugerida previamente por Decety (2005).

Otra de las áreas que se han visto relacionadas con la volición de la empatía ha sido el *IFG*. Estudios como el de Greck y col. (2012) reportan una mayor activación del *IFG* y la *TPJ* del giro medial temporal (*TPJmTG*), cuando los participantes realizan un esfuerzo por empatizar con alguien extraño a ellos. De forma similar, se ha reportado un incremento en la actividad del giro frontal inferior cuando se trata de ajustar la

percepción empática ante una incongruencia entre la apreciación afectiva de los otros y la de uno mismo. Esta misma región (*IFG*) está altamente relacionada con la reevaluación emocional, que es una estrategia de regulación emocional que involucra la apreciación alternativa de estímulos emocionales salientes (Wager y col., 2008). Tentativamente, se podría sugerir que las redes relacionadas con la regulación emocional podrían estar involucradas en la reapreciación de los estados afectivos de los otros y, por ende, en la regulación de nuestro estado empático. Por otro lado, Decety (2011) enuncia a la regulación emocional como parte de la regulación empática, afirmando que la regulación interna de los estados emocionales es especialmente relevante para la modulación de las emociones vicarias y la experiencia empática. La falla de esta regulación puede propiciar una activación emocional nociva y una mala identificación emocional, que obstaculizan nuestra habilidad de empatizar.

Otra línea de evidencia sobre la modulación de la empatía es proporcionada por los cambios dados por un entrenamiento. Klimecki y col. (2012), reportaron que es posible alterar nuestras respuestas empáticas negativas al presenciar a otros en dificultades, esto gracias a un entrenamiento en donde los participantes aprendieron a redirigir su apreciación hacia emociones sociales distintas, permitiendo que los participantes respondieran de manera compasiva al verse enfrentados al malestar de otros (Klimecki y col., 2012; Engen & Singer, 2013). Después del entrenamiento, los participantes presentaron una mayor actividad en áreas relacionadas con afección positiva y afiliación (corteza orbitofrontal, putamen, globo pálido y área tegmental ventral), estos resultados sugieren que uno puede aprender a aumentar de forma deliberada emociones sociales positivas, cambiando la calidad afectiva de una experiencia empática desagradable (Engen & Singer, 2013).

En resumen, la evidencia sugiere que es posible ejercer control sobre la forma y calidad de la respuesta empática; y para hacerlo podemos modular diferentes componentes de dicha respuesta.

## 2.4 Componentes de la respuesta empática

Dentro de los componentes de la respuesta empática encontramos: (a) toma de perspectiva (PT) (de Waal, 2012), que se refiere a la habilidad de entender el punto de vista de otra persona; (b) regulación emocional, que puede describirse como la modulación de las respuestas generadas después de atender y evaluar estímulos emocionales, se ha considerado que subyace a la experiencia empática (Giuliani y col., 2011; Decety, 2011); (c) compasión, que se puede definir como un sentimiento de motivación prosocial que es acompañado de sentimientos de amor y estima (Klimecki y col., 2012); (d) activación emocional y afectiva (Zaki & Oshener, 2012); (e) conciencia propia y diferenciación del yo<sup>2</sup> (Decety, 2004, Bernhardt & Singer, 2012), entre otros. Aunque ciertos autores consideran algunos de estos componentes como parte de las facetas de la empatía, otros diferencian entre éstos y la empatía, pero de alguna u otra manera todos se han visto involucrados en su estudio y, como se mencionó anteriormente, pueden modular, afectar o complementar la respuesta empática (Decety, 2011; Zaki & Oshener, 2012; Engen & Singer, 2013). Así que para fines de este estudio los anteriores serán considerados como componentes de la respuesta empática.

Estos componentes se pueden dividir principalmente en tres facetas (*Figura 2*) una afectiva, que contiene la ruta perceptual, así como la activación emocional (Zaki & Oshener, 2012). Una faceta cognitiva, donde se encuentra (a) la ruta inferencial, comprendiendo dentro de esta a la toma de perspectiva (Zaki & Oshener, 2012); (b) la regulación emocional (Decety, 2011), (c) conciencia propia y diferenciación del yo<sup>3</sup> (Decety, 2004, Bernhardt & Singer, 2012). Por último, la tercera faceta, y la menos estudiada, es la de la motivación prosocial (Zaki & Oshener, 2012), que involucra sentimientos de motivación para ayudar a otros, como la compasión.

---

<sup>2,3</sup>Referente a la distinción de uno mismo en relación a otros. Particularmente la distinción y diferenciación de las emociones propias de aquellas que son de forma vicaria.

## Componentes de la Respuesta Empática

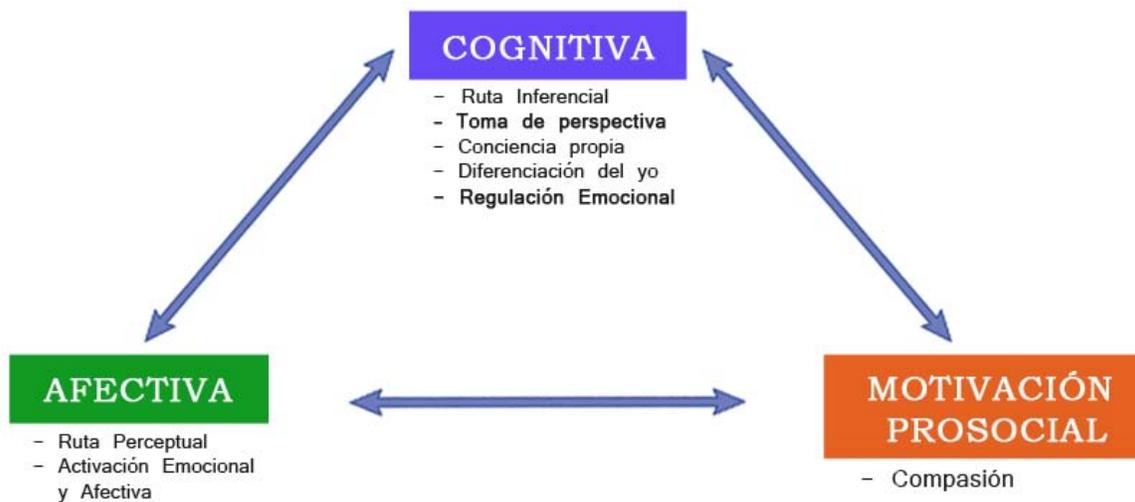


Figura 2.- Componentes de la Respuesta Empática. En el diagrama se pueden observar las tres facetas en que se puede dividir la respuesta empática. Así como algunos componentes de cada faceta. (Modificado de Zaki & Ochsener, 2012)

Dentro de estos componentes los más estudiados son la toma de perspectiva (TP) y la regulación emocional (RE), ambos componentes son cognitivos y se ha reportado que usan recursos relacionados con funciones ejecutivas que se implementan en la corteza prefrontal (Zelazo, Carlson, & Kesek, 2008), aunque utilizando diferentes regiones cuyas conexiones hacia estructuras subcorticales límbicas permiten la emergencia de distintas funciones (Decety, 2011). Esto podría sugerir una relación de ambos componentes con la activación afectiva del sujeto.

### 2.4.1 Toma de perspectiva

La teoría de la mente implica el entendimiento de la mente propia así como la de los otros; mientras que la mentalización o toma de perspectiva, se refiere al entendimiento e inferencia de la mente del otro (Runehovoy col., 2013). La imaginación o fantasía forma parte de la toma de perspectiva, a razón de que la imaginación nos permite visualizar el estado mental del otro (Davis, 1983). El pensar en los pensamientos del otro incrementa la actividad metabólica en un grupo específico de regiones del cerebro. Estas regiones que comprenden la red de la teoría de la mente, incluyen la *vmPFC*, la *pCC* y a la *TPJ* (Koster-Hale y col., 2013).

Dentro de la red de la teoría de la mente la actividad de la corteza del cíngulo posterior se ha visto relacionada con la capacidad de fantasía, en donde a mayor actividad mayor capacidad de fantasía (Mantani y col., 2005). Por otra parte, la región temporoparietal derecha (*rTPJ*) se ha visto relacionada con la toma de perspectiva en relación a juicios morales; se ha reportado que aquellos que comúnmente emiten juicios más benevolentes tienden a tener una mayor actividad (Yamada y col., 2012). De igual forma se ha visto que una mayor activación de la *rTPJ* está relacionada con intenciones mitigantes ante la aplicación de castigos, de forma general se piensa que la *rTPJ* juega un papel particularmente importante al momento de inferir el estado mental del otro (Saxe & Kanwisher, 2003; Koster-Hale, 2013).

#### *2.4.1.1 Región Temporoparietal derecha (rTPJ)*

La región temporoparietal presenta una alta inconsistencia en su nombramiento y localización neuroanatómica, debido en gran parte a la falta de marcas topográficas micro o macro anatómicas, propiciando así la falta de un consenso en sus coordenadas (Mars y col., 2012). Mientras que la región temporoparietal izquierda se ha ligado específicamente al procesamiento del lenguaje y la semántica (Binder y col., 2009), la región temporoparietal derecha, además de estar altamente ligada con la toma de perspectiva (Saxe & Kanwisher, 2003), se ha relacionado con diferentes procesos cognitivos sociales (*Figura 3*). Como se mencionó anteriormente, la *rTPJ* del giro medial temporal (*rTPJmTG*) se ha visto relacionada con la intencionalidad de la empatía (Greck y col., 2012). Por otro lado, una parte anterior de la *rTPJ* de la región medial temporal (*rTPJmedTemp*) se ha relacionado con la teoría de la mente en un estudio de cognición social (Kanske y col., 2015). Asimismo, Bzdok y col. (2013), han sugerido que la *rTPJ* anterior (*arTPJ*) está involucrada con procesos de atención perceptual y la *rTPJ* posterior (*prTPJ*) con procesos relacionados con la teoría de la mente. Tomando en conjunto estos estudios se puede argumentar que diferentes regiones de la *rTPJ* están involucradas en la cognición social y el entendimiento del otro.

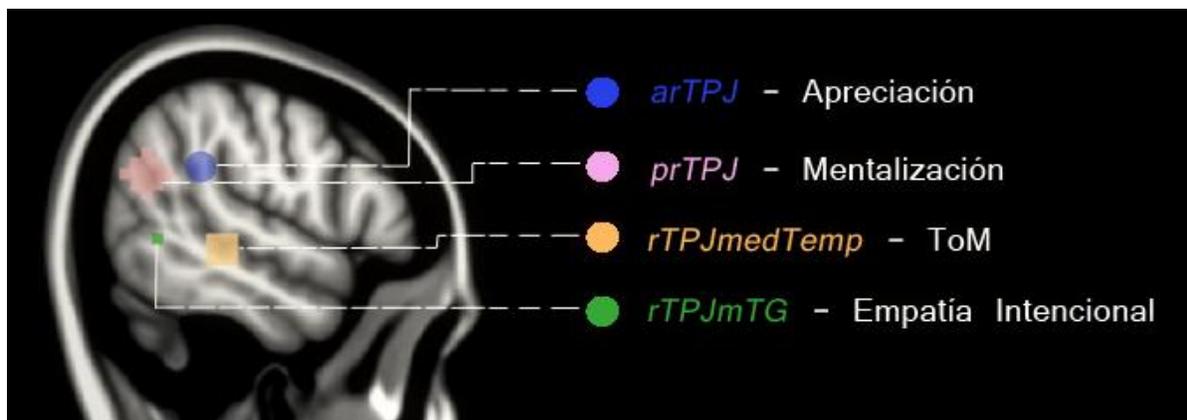
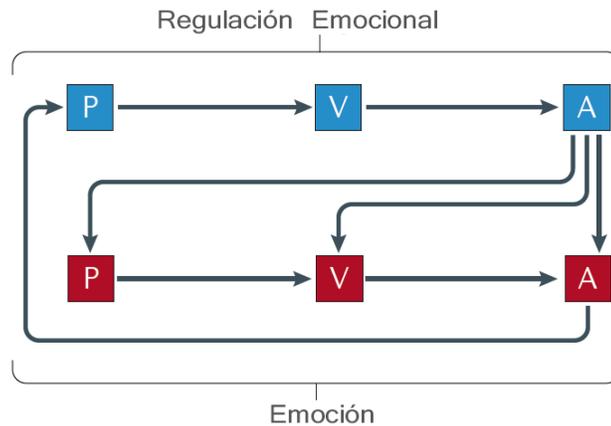


Figura3.- Diferentes regiones de la rTPJ en relación con sus diferentes asociaciones funcionales. Áreas y sus asociaciones tomadas de: Mars y col., 2012 (arTPJ y prTPJ); Kanske y col., 2015 (rTPJmedTemp); Greck y col., 2012 (rTPJmTG).

### **2.4.2 Regulación emocional**

La regulación de emociones, para Etkin, Buchel y Gross (2015), comprende las diferentes maneras de modular las respuestas generadas después de la percepción y evaluación de estímulos emocionales. Este mecanismo es similar al de la activación emocional, en la cual, la emoción se genera primero ante la percepción de un estímulo interno o externo, esta emoción es valuada y termina en un acción o respuesta la cual es percibida a su vez, para posteriormente ser regulada (*Figura 4*). Como se aprecia en la *Figura 4*, la emoción puede ser regulada en cualquiera de sus tres etapas. Este hecho permite que la regulación emocional se pueda dar a través de diferentes estrategias (Etkin, Buchel & Gross., 2015).



*Figura 4.- Mecanismo de la activación emocional y regulación emocional. La activación emocional (cajas rojas) es un mecanismo de percepción-valoración-acción (PVA). La valoración refleja una valoración de un estímulo, referente a si es “bueno para mí” o “malo para mí”, esto genera un conjunto de acciones o reacciones diversas (p. ej. fisiológicas, motoras, cognitivas). La regulación de emociones (cajas azules) también presenta una secuencia PVA, pero lo que valúa es a la misma emoción, por ende la acción que ejerce es la regulación de la respuesta emocional. Tal regulación puede afectar cualquier componente (caja roja) de la secuencia PVA de la activación emocional (Tomado de Etkin, Buchel & Gross., 2015).*

Las dos estrategias más estudiadas son la reevaluación cognitiva y la supresión expresiva. La reevaluación cognitiva es una estrategia que altera la trayectoria de la respuesta emocional al reformular el significado de la situación (Goldin y col., 2008). Como se mencionó anteriormente, la activación del giro frontal inferior (*IFG*) se ha relacionado con esta estrategia (Wager y col., 2008). Respecto a la supresión expresiva, el grosor de la ínsula anterior (*AI*) se ha correlacionado con un mayor uso de dicha estrategia (*Figura 5*). La supresión expresiva es una estrategia dirigida a inhibir los comportamientos asociados con la respuesta emocional (p. ej. expresiones faciales), produciendo un decremento del comportamiento expresivo sin cambiar, prácticamente, la emoción experimentada. A su vez, incrementa la actividad simpática del sistema cardiovascular y disminuye la memoria relacionada con la información social, por lo que se ha sugerido su asociación con posibles disfunciones sociales (Gross & Levenson, 1993, Goldin y col., 2008, Giuliani y col., 2011). De forma similar, para Rogers (1951), este tipo de estrategia crea un sentido individual de incongruencia

o discrepancia entre la experiencia interna y la experiencia expresada, obstruyendo nuestra respuesta empática.

La distinción emocional está altamente involucrada en la regulación emocional, abarcando desde la diferenciación de las emociones propias, así como la distinción de las de los demás. La dificultad en la distinción emocional o alexitimia se ha visto relacionada con dificultades en la respuesta empática (Tei y col., 2014). Se ha reportado que un decremento en la actividad de la agrupación o *cluster AI/IFG* (Figura 5) correlaciona con una mayor dificultad en distinguir emociones y un decremento en la respuesta empática (Tei y col., 2014).

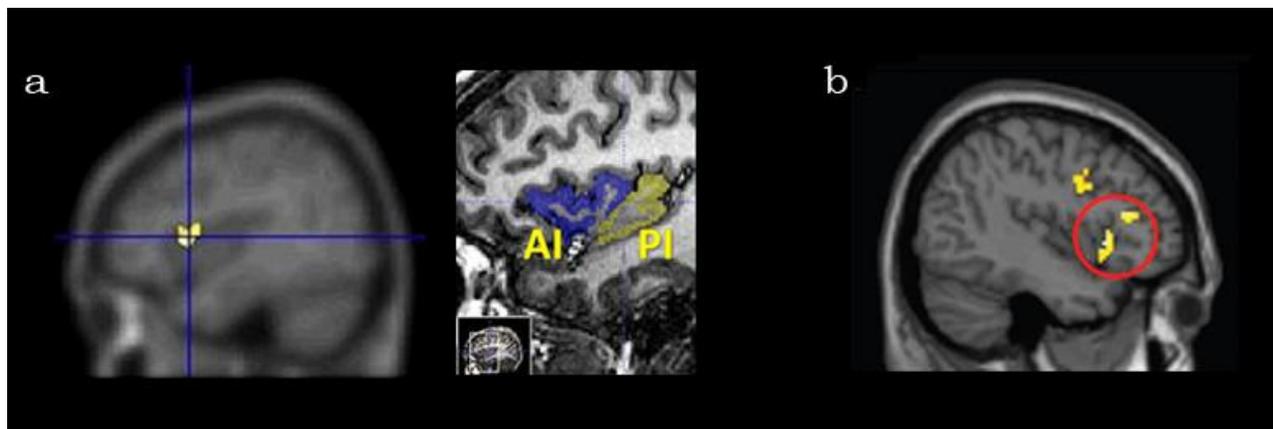


Figura 5.- a) Grosor de la ínsula anterior, correlacionado con un mayor uso de supresión expresiva (Tomado de Giuliani y col., 2011); b) Cluster AI/IFG, menor activación asociada a mayor dificultad al distinguir emociones (Tomada de Tei y col., 2014).

### **2.4.3 Medición conductual de la Toma de Perspectiva y la Regulación Emocional**

Estos componentes pueden medirse psicométricamente a través de la aplicación de pruebas de autoreporte, como son el Índice de Reactividad Interpersonal o IRI (Davis, 1980) y el Cuestionario de Regulación Emocional o *ERQ*, por sus siglas en inglés (Gross & John, 2003).

El Índice de Reactividad Interpersonal, es uno de los test más usados en el estudio de la empatía. Según su autor mide la empatía como una reacción a la experiencia observada en la otra persona. La prueba mide esta respuesta a través de

una parte cognitiva y una afectiva. Está constituido por 28 reactivos distribuidos en cuatro constructos que miden cuatro dimensiones del concepto global de empatía:

- Toma de perspectiva (TP): valora los intentos espontáneos de adoptar las perspectivas de otras personas y ver las cosas desde su punto de vista.
- Fantasía (FS): mide la tendencia a identificarse con los personajes de las películas, novelas, obras teatrales y otras situaciones ficticias.
- Preocupación empática (PE): pregunta sobre los sentimientos de simpatía, compasión y preocupación por los demás.
- Angustia personal (AP): mide los sentimientos personales de ansiedad y malestar que se producen al observar las experiencias negativas de los demás.

La parte cognitiva comprende dos constructos, uno es la toma de perspectiva y el otro la fantasía. Para el autor, el constructo de fantasía está relacionado con la toma de perspectiva debido a que la fantasía permite imaginarse el estado afectivo del otro y por ende influir en su toma de perspectiva.

El Cuestionario de Regulación Emocional consta de dos constructos, estos dos constructos describen dos estrategias de regulación emocional bien diferenciadas:

- La reevaluación cognitiva: modifica las reacciones emocionales en el momento de su gestación, consiguiendo cambiar la experiencia emocional.
- La supresión expresiva tan solo modificaría la expresión emocional, intentando ocultar la experiencia vivida sin conseguir alterarla.

Los autores del cuestionario consideran a la reevaluación cognitiva como el medio más eficaz y saludable para una regulación emocional efectiva (Gross & John, 2003).

## **2.5 Relaciones personales y alianza terapéutica**

Al interactuar día a día con la gente, realizamos suposiciones y emitimos juicios espontáneos que pueden afectar nuestras relaciones (Uleman y col, 2008). Como se

mencionó anteriormente, estas suposiciones pueden variar dependiendo de nuestro estado de ánimo, de nuestras creencias o componentes evaluativos de valencia positiva/negativa que asignamos a las características de la persona con la que nos relacionamos (Kuzmanovic y col., 2012). El resultado de estas evaluaciones determina nuestro comportamiento hacia los otros. La modulación de nuestra respuesta empática nos permite socializar de forma exitosa fortaleciendo nuestras relaciones personales, permitiendo adaptarnos propiamente a las situaciones dando un mejor entendimiento a la otra persona. Esta modulación de la respuesta empática es de especial interés en el campo de la salud, en donde aún hoy en día el contacto cara a cara es esencial para cualquier tratamiento (Decety, 2011; Tei y col., 2014), ejerciendo un mayor peso en el tratamiento terapéutico.

A este concepto del fortalecimiento de la relación paciente-terapeuta se le llama alianza terapéutica y se considera esencial para la eficacia de la terapia, ya sea en población clínica o neurotípica (Horvath & Greenberg, 1994; Gaston y col., 1998; Goldsmith y col., 2015). La alianza terapéutica propone que para fortalecer la relación entre paciente y terapeuta, este último debe enfocarse en proveer candor y contacto cara a cara, sin juicios previos o analogías, enfatizando primero en el entendimiento del mensaje del paciente, sin negar la experiencia vivida pero sin afirmarla tampoco, simplemente tomarla como la experiencia del paciente, proporcionando apoyo a través de la escucha (Yalom, 1980; Morrison y col., 2004; Turkington, Kingdon & Weiden, 2006). Aquellas terapias cuya base primordial es la alianza terapéutica se les denomina terapias de alianza o con base en alianza. Estas pueden verse acompañadas de otras técnicas y su aplicación y métodos pueden variar, sin embargo, independientemente de la técnica o metodología implementada, los estudios que reportan cambios significativos en poblaciones clínicas, por ejemplo, con esquizofrenia, enfatizan que una parte primordial es el entrenamiento en alianza terapéutica (Turkington, Kingdon & Weiden, 2006; Morrison y col., 2014; Goldsmith y col., 2015). Una terapia con base en alianza que prácticamente no utiliza ninguna otra técnica, más que el entrenamiento de alianza terapéutica, es la terapia centrada en la persona (TCP). Rogers (1957), uno de sus principales exponentes, afirma que la relación terapeuta-paciente basada en el

entendimiento y aceptación, es necesaria para propiciar un ambiente primordial para el cambio terapéutico.

### **2.5.1 Terapia Centrada en la Persona (TCP)**

En la *Figura 6* se presenta el diagrama del proceso terapéutico propuesto por las terapias de alianza, en específico, la terapia centrada en la persona (Rogers, 1965). Se puede observar que al inicio el paciente comunica su estado afectivo a través del mensaje, mientras que el terapeuta modula su estado isomórfico para poder percibir mejor dicho mensaje. Posterior a eso, el terapeuta comunica el estado afectivo captado, esta comunicación se da acompañada de una aceptación incondicional que se podría definir como compasión; si el paciente considera asertivo el entendimiento de su estado entonces el terapeuta continúa con la sesión. Sin embargo, si el paciente comunica que su estado no fue entendido, el terapeuta se ve “forzado” a reajustar su estado isomórfico para tratar de entender nuevamente el mensaje correctamente. Como se puede observar, varios componentes de la respuesta empática mencionados anteriormente (toma de perspectiva, la regulación emocional, la distinción y manejo interno de las emociones, así como la compasión), forman parte esencial de la TCP. Para Rogers (1965), la congruencia del terapeuta es esencial para poder establecer un contacto empático, para esto es necesario poder distinguir y regular las emociones propias. Asimismo, la toma de perspectiva es necesaria para poder estar ajustando la apreciación del marco referencial del sujeto o estado isomórfico (empático) y comunicarlo correctamente.

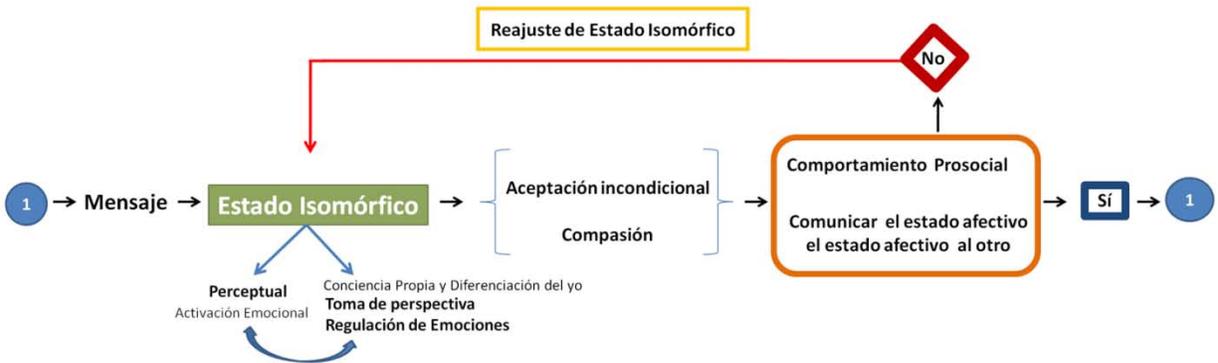


Figura 6.- Diagrama del proceso terapéutico propuesto por la TCP. Al inicio (1) el paciente comunica su estado afectivo a través del mensaje, el terapeuta modula su estado isomórfico para poder percibir mejor el mensaje. Posterior a eso, el terapeuta comunica el estado afectivo captado (cuadro naranja), esta comunicación se da acompañada de una aceptación incondicional (Compasión); si el paciente considera asertivo el entendimiento de su estado (cuadro azul) entonces el terapeuta continúa (1). En caso de que el paciente comunique que su estado no fue entendido (cuadro rojo), el terapeuta se ve “forzado” a reajustar su estado isomórfico para entender el mensaje (línea roja). Las flechas azules rectas indican la constante interacción entre los distintos componentes de la respuesta empática para generar el estado isomórfico. La flecha curva indica la relación entre la regulación emocional y la activación emocional dada por la percepción de algún estímulo interno/externo.

Según Rogers (1957) entre los elementos necesarios para un cambio terapéutico también se encuentran una apreciación incondicional hacia el paciente, el entendimiento del marco de referencia del paciente, así como el intento de comunicarle dicho entendimiento al mismo. Aquí cabe resaltar tres aspectos: (a) primero, que para la TCP el sentimiento de motivación para ayudar al otro está impulsado por una aceptación positiva e incondicional que se describe de forma muy similar a aquella dada por los sentimientos de amor-estima (*Loving-Kindness*), característicos de la compasión (Klimecki, 2012; Mercadillo y col., 2011); (b) el comportamiento para ayudar al otro generado por dicha motivación, es a través de la comunicación del marco de referencia interno del paciente captado por el terapeuta; (c) esta comunicación del marco de referencia interno está abierta a correcciones, es decir, si el paciente al escuchar lo comunicado por el terapeuta considera o reacciona de manera que comunique que en realidad no fue entendido, el terapeuta se ve en la necesidad de

“reafinar” o “reajustar” de nuevo su estado isomórfico hasta poder comunicar de manera asertiva el marco de referencia interno vivido por el paciente, de esta manera el terapeuta a través de la retroalimentación del paciente trata constantemente de hacerle sentir acompañado y entendido.

Esto sugiere que el terapeuta está constantemente modulando su estado empático (isomórfico) durante la sesión. Dos de los componentes que tiene que ajustar para hacerlo son la toma de perspectiva y la regulación de emociones. Para inferir el estado mental del otro es necesario que el terapeuta frene analogías autobiográficas propiciadas por la imaginación de la similitud a sus propias experiencias, de igual manera, el terapeuta debe dejar a un lado sus preconcepciones de la situación del paciente, así como del paciente mismo. Esto permite que se dé una mejor apreciación del mensaje y que, con base a esta, tome la perspectiva del paciente. De forma similar el terapeuta está regulando frecuentemente sus emociones, además como se mencionó anteriormente, permite aumentar la congruencia del terapeuta y aumentar su apreciación del mensaje. Tomando esto en cuenta, Rogers (1965) especifica que el uso de la supresión de emociones entorpece la respuesta empática y por ende el trabajo terapéutico, razón por la cual, Rogers explícitamente no recomienda su uso en la terapia. Como se mencionó, la supresión emocional ejerce un aumento en la actividad simpática, además de no modificar la emoción experimentada ya que simplemente suprime su expresividad (Giuliani y col., 2011), sugiriendo un mayor esfuerzo para regularla y por lo tanto una mayor dificultad en la apreciación del mensaje. Lo anterior podría implicar un manejo emocional diferente de los terapeutas al generar el estado empático.

Debido a que los terapeutas están modulando varias veces su estado empático durante una sesión y que estos tienen de 12 a 30 sesiones a la semana, se podría esperar que los terapeutas de la TCP presentaran cambios en las redes neurofuncionales que sustentan a la respuesta empática, y estos podrían verse reflejados en la conectividad funcional<sup>4</sup> de áreas relacionadas con los componentes de

---

<sup>4</sup>Coactivación de dos o más áreas. Referente a la correlación de las series temporales de diferentes regiones del cerebro (Apéndice A).

toma de perspectiva y regulación emocional. Este tipo de cambios en las redes neuronales inherentes a entrenamientos, han podido ser estudiados por la resonancia magnética en estado de reposo, en donde se pueden observar las diferencias entre las redes neuronales entre distintos grupos o tiempos de entrenamiento.

## **2.6. Estudio de entrenamientos cognitivos con *rsfMRI***

Diferentes estudios apoyan la noción de que entrenamientos cognitivos de corto y largo plazo generan cambios que se reflejan en las redes neuronales (Klimecki y col., 2012, Taylor y col., 2013; Guerra-Carrillo y col., 2014; Xue y col., 2014). Una de las herramientas para estudiar dichos cambios es a través de la resonancia magnética en estado de reposo (*rsfMRI*)<sup>5</sup>. Esta técnica nos permite obtener mapas de conectividad funcional que nos dejan evaluar diferencias o alteraciones de las redes neuronales sin la necesidad de relacionarlos con una activación específica, pudiendo reflejar cambios dentro de la interacción de distintas regiones relacionadas a características personales o cambios efectuados por entrenamientos cognitivos de distintos tipos. De esta manera, permiten un estudio integral de dichas regiones, de forma innata no dependiente de ninguna activación específica, reflejando cambios plásticos en las redes inherentes a un grupo o entrenamiento específico (Guerra-Carrillo y col., 2014).

Un ejemplo de esto se puede ver en lo reportado por Taylor y col. (2013), en el cual contrastaron a un grupo de meditadores experimentados con un grupo de meditadores con poca experiencia. Para realizar dicho contraste usaron *rsfMRI*, y encontraron diferencias en la conectividad funcional (CF) de los dos grupos, reportando que el grupo experimentado presenta menor conectividad de áreas como la corteza prefrontal dorsomedial (*dmPFC*), con la corteza temporal inferior y el lóbulo parietal izquierdo inferior (*lIPL*), mientras que al mismo tiempo presentan mayor conectividad del lóbulo parietal inferior derecho (*rIPL*) hacia el *lIPL* y las cortezas prefrontales dorsomedial (*dmPFC*) y ventromedial (*vmPFC*) (*Figura 7*). De esta manera la *rsfMRI* permite ver la interacción entre diferentes áreas y redes, pudiendo a su vez, diferenciar a grupos con diferentes entrenamientos. Refiriendo lo dicho por Guerra-Carrillo (2014),

---

<sup>5</sup>Más sobre la resonancia magnética funcional en estado de reposo, su análisis y la obtención de mapas de conectividad en el Apéndice A.

la *rsfMRI* puede servir como una ventana para estudiar la plasticidad del cerebro humano.

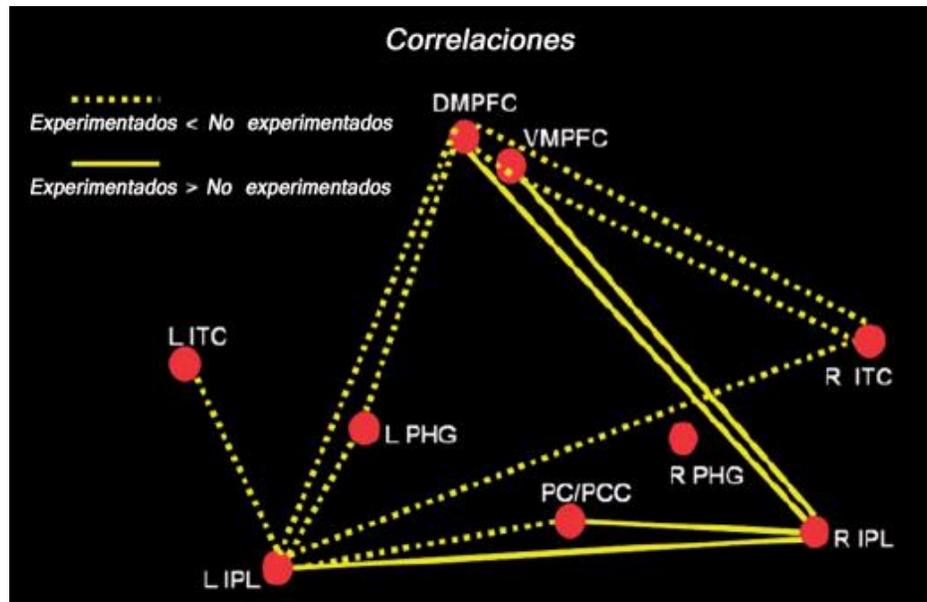


Figura 7.- Ejemplo de contrastes de conectividad funcional obtenida por *rsfMRI*. Contrastes entre el grupo de meditadores experimentados con meditadores poco experimentados. Se pueden observar las diferencias de conectividad entre los dos grupos: menor conectividad (líneas punteadas), mayor conectividad (líneas sólidas). Corteza prefrontal dorsomedial (DMPFC), corteza temporal inferior derecha (RITC), lóbulo parietal izquierdo inferior (L IPL), lóbulo parietal inferior derecho (R IPL), corteza prefrontal ventromedial (vmPFC). (Tomada de Taylor y col., 2013).

Por todo lo anterior, se considera que la *rsfMRI* puede facilitar el estudio de un proceso complejo como el de la respuesta empática. Así, permite evaluar diferencias en la conectividad funcional de las distintas áreas que se han visto asociadas a sus componentes, principalmente hablando de aquellas relacionadas con la toma de perspectiva y la regulación emocional.

### 3. JUSTIFICACIÓN

Hasta hace poco se empezó a proponer a la empatía como un fenómeno dinámico, modulable y controlable (Decety, 2011; Engen & Singer, 2013). A pesar de los estudios realizados, sigue existiendo poco entendimiento de la modulación de la empatía y la interacción entre los diferentes componentes de la respuesta empática. Asimismo, se sabe poco de la relación e interacción que subyace entre las diferentes áreas asociadas a sus distintos componentes, como la toma de perspectiva y la regulación de emociones (Engen & Singer, 2013, Li y col., 2014).

Evaluar y caracterizar la interacción de estos componentes no solo es importante para el entendimiento de los mecanismos y substratos neurales que subyacen a diferentes poblaciones clínicas con disfunciones sociales, sino también por la interacción social que tenemos en nuestra vida diaria, ya que los juicios que emitimos al escuchar y relacionarnos con las demás personas pueden resultar en repercusiones dentro de nuestras relaciones personales.

El empezar a caracterizar los componentes de toma de perspectiva y regulación de emociones en una población que está entrenada y practica constantemente su modulación (terapeutas especialistas en la TCP), puede dar luz a la interacción de estos componentes, así como a los substratos neuronales que los subyacen.

Es posible que de encontrar características específicas relacionadas a la toma de perspectiva y regulación emocional dentro de terapeutas especializados en la TCP, se pueda dar pauta a una caracterización más profunda de dicho entrenamiento de alianza, para su posible formulación como un modelo de estudio de la modulación de la respuesta empática.

#### **4. FASES DEL ESTUDIO**

El siguiente estudio se desarrolló en dos fases: la primera constó de caracterizar conductualmente los constructos de toma de perspectiva y regulación de emociones en un grupo de terapeutas especialistas en la TCP y en un grupo de no-terapeutas. Evaluando de esta manera las posibles diferencias conductuales entre ambos grupos.

Posterior a esta caracterización se realizó un estudio de *rsfMRI* comparativo entre terapeutas y no-terapeutas, para explorar si las diferencias mostradas en el estudio conductual se podrían reflejar de alguna manera en la conectividad funcional de los terapeutas.

Debido a estas divisiones, el presente escrito se presenta en dos fases, partiendo primero de un objetivo e hipótesis general, para después presentar en cada fase el objetivo e hipótesis específico de cada estudio (conductual, *rsfMRI*). De forma similar, cada estudio presenta su sección de sujetos, metodología, así como de discusión y resultados. En la sección de percepción e inferencia de la discusión del segundo estudio (*rsfMRI*), se integran la discusión de los resultados conductuales con los del estudio de resonancia. Para finalizar se presenta una conclusión general del estudio.

#### **5. HIPÓTESIS GENERAL**

Existen diferencias significativas entre no-terapeutas y terapeutas especialistas en terapia centrada en la persona (TCP), en relación con los componentes de la respuesta empática de toma de perspectiva y regulación de emociones. Estas diferencias pueden verse reflejadas en pruebas conductuales y en la conectividad funcional de áreas asociadas a ambos componentes.

#### **6. OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar diferencias conductuales, así como de conectividad funcional, relacionadas con los componentes de la respuesta empática de toma de perspectiva y regulación de emociones, entre terapeutas especialistas en terapia centrada en la persona (TCP) y no-terapeutas.

## **7. CARACTERIZACIÓN CONDUCTUAL**

### **7.1. Hipótesis**

Existen diferencias significativas entre no-terapeutas y terapeutas en los puntajes de los constructos del IRI así como en los puntajes de las estrategias de regulación emocional medidos por el ERQ.

### **7.2. Objetivo**

Caracterizar a la población de terapeutas especialistas en terapia centrada en la persona (TCP), mediante escalas psicométricas relacionadas con los componentes de la respuesta empática de toma de perspectiva y regulación emocional.

### **7.3. Participantes, Materiales y Métodos**

#### ***7.3.1. Participantes***

Las pruebas conductuales se aplicaron a una muestra de 51 terapeutas especialistas en TCP (edad promedio  $49.3 \pm 9.8$  años, 21 hombres) y 62 no-terapeutas de distintas áreas del conocimiento (edad promedio  $55.8 \pm 11$  años, 36 hombres), todos con estudios de posgrado y un mínimo de 4 años de experiencia en su profesión.

#### ***7.3.2. Pruebas***

##### *7.3.2.1. Índice de Reactividad Interpersonal (IRI)*

Se trata de un instrumento autoaplicable que evalúa la empatía desde una perspectiva multidimensional. Utiliza una escala tipo likert del 0 (No me describe bien) al 4 (Me describe muy bien). Incluye factores cognitivos y emocionales. Está constituido por 28 reactivos distribuidos en cuatro constructos que miden cuatro dimensiones del concepto global de empatía:

- Toma de perspectiva (TP): valora los intentos espontáneos de adoptar las perspectivas de otras personas y ver las cosas desde su punto de vista.

- Fantasía (FS): mide la tendencia a identificarse con los personajes de las películas, novelas, obras teatrales y otras situaciones ficticias.
- Preocupación empática (PE): pregunta sobre los sentimientos de simpatía, compasión y preocupación por los demás.
- Angustia personal (AP): mide los sentimientos personales de ansiedad y malestar que se producen al observar las experiencias negativas de los demás.

El instrumento permite medir tanto el aspecto cognitivo como la reacción emocional que una persona tiene al adoptar una actitud empática. De acuerdo con Mestre, Frías y Samper (2004), los constructos TP y FS miden los aspectos más cognitivos, mientras que las escalas PE y AP miden las reacciones emocionales de las personas frente a experiencias negativas de otras personas (Davis, 1980, Mestre, Pérez Delgado, Frías & Samper, 1999).

#### 7.3.2.2. *Cuestionario de Regulación Emocional (ERQ)*

Las preguntas del Cuestionario de Regulación Emocional se reparten entre los constructos de reevaluación cognitiva y supresión expresiva, para un total de 10 reactivos. La escala es autoaplicable y de tipo likert de 1 (Totalmente en desacuerdo) a 7 (Totalmente de acuerdo).

Las dos categorías describen dos estrategias de regulación emocional bien diferenciadas:

- La reevaluación cognitiva: modifica las reacciones emocionales en el momento de su gestación, consiguiendo cambiar la experiencia emocional.
- La supresión expresiva tan solo modificaría la expresión emocional, intentando ocultar la experiencia vivida sin conseguir alterarla.

Los autores del cuestionario consideran a la reevaluación cognitiva como el medio más eficaz y saludable para una regulación emocional efectiva (Gross & John, 2003).

### 7.3.3. Análisis

Previo al análisis las pruebas fueron calificadas según los lineamientos establecidos por los autores de cada una de ellas. Para las comparaciones entre grupos se realizó una prueba t de Student; en los casos en que los datos no presentaron un comportamiento normal, se realizó una prueba U de Mann-Whitney. Todos los análisis y comparaciones estadísticas se realizaron usando el programa libre estadístico R (RDevelopment, 2010).

## 7.4. Resultados

### 7.4.1. Diferencias en Constructos

Se encontraron diferencias significativas principalmente en dos constructos; el primero es el de Toma de Perspectiva medido por el IRI, el segundo es en relación a la estrategia de supresión expresiva, medida por el ERQ.

En el constructo de Toma de Perspectiva (TP), ambos grupos presentaron puntajes más altos que la media poblacional (*Tabla.1*). Sin embargo, los terapeutas mostraron puntajes significativamente más altos que los no-terapeutas ( $p < 0.00001$ ) con una media de  $22.15 \pm 3.29$ , mientras que los no-terapeutas presentaron una media de  $18.5 \pm 4.63$ . (*Figura 8*).

**Tabla.1 Medias poblacionales\***

	Hombres	Mujeres
<i>Toma de Perspectiva</i>	$16.78 \pm 4.7$	$17.96 \pm 4.85$
<i>Supresión expresiva</i>	$3.64 \pm 1.11$	$3.14 \pm 1.8$

\*Tomadas de Davis, 1980 y Gross & John, 2003. Se presentan las medias con sus respectivas desviaciones estándar.

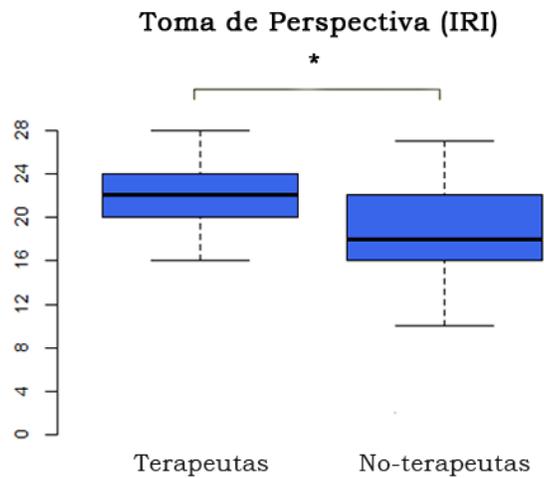


Figura 8.- Toma de Perspectiva en terapeutas y no-terapeutas. Se puede apreciar que los terapeutas presentan una mayor Toma de Perspectiva. En el eje de las "y" se presenta la escala del puntaje de la prueba, que va del 0 al 28.

Otra diferencia encontrada fue en una de las estrategias de regulación de emociones (RE), específicamente, el uso de la estrategia de supresión expresiva, en la cual la media de los terapeutas es  $1.80 \pm 0.81$  (siendo 1 el valor mínimo posible). En contraste, los no-terapeutas presentaron una media de  $3.11 \pm 1.29$ , la cual entra dentro de los rangos de la media poblacional (Tabla.1). La diferencia entre los dos grupos es significativa con un valor  $p < 0.00001$  (Figura 9).

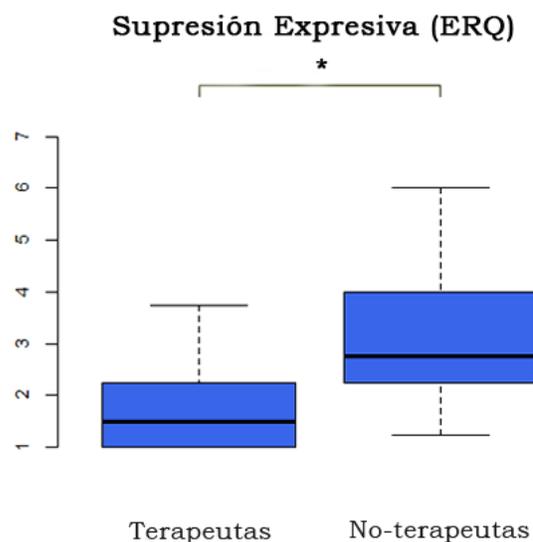


Figura 9.-Cconstructo de Supresión Expresiva: medias obtenidas por los terapeutas y los no-terapeutas. Se puede apreciar que los terapeutas prácticamente no utilizan la estrategia de supresión expresiva. En el eje de las "y" se presenta la escala del puntaje de la prueba, que va del 1 al 7.

Por último, cabe mencionar que en el constructo de Fantasía los terapeutas presentaron una media de  $18.28 \pm 4.23$ , mientras que los no-terapeutas presentaron una media de  $12.51 \pm 5.41$ , siendo esta diferencia significativa con un  $p\text{-valor} < 0.00001$ .

#### 7.4.2. Correlaciones

En los terapeutas, así como en los no-terapeutas, se presenta una correlación positiva significativa entre la toma de perspectiva y la estrategia de reevaluación cognitiva, (Figura 10). Esta correlación es mayor en los terapeutas que en los no-terapeutas. Realizando una regresión lineal se puede observar (Figura 10a) que para los terapeutas, a pesar de tener una  $r^2=0.11$  baja, tanto  $\beta_0=18.83$  ( $p\text{-valor} < 0.0001$ ) como  $\beta_1=0.778$  ( $p\text{-valor} < 0.01$ ) son significativas.

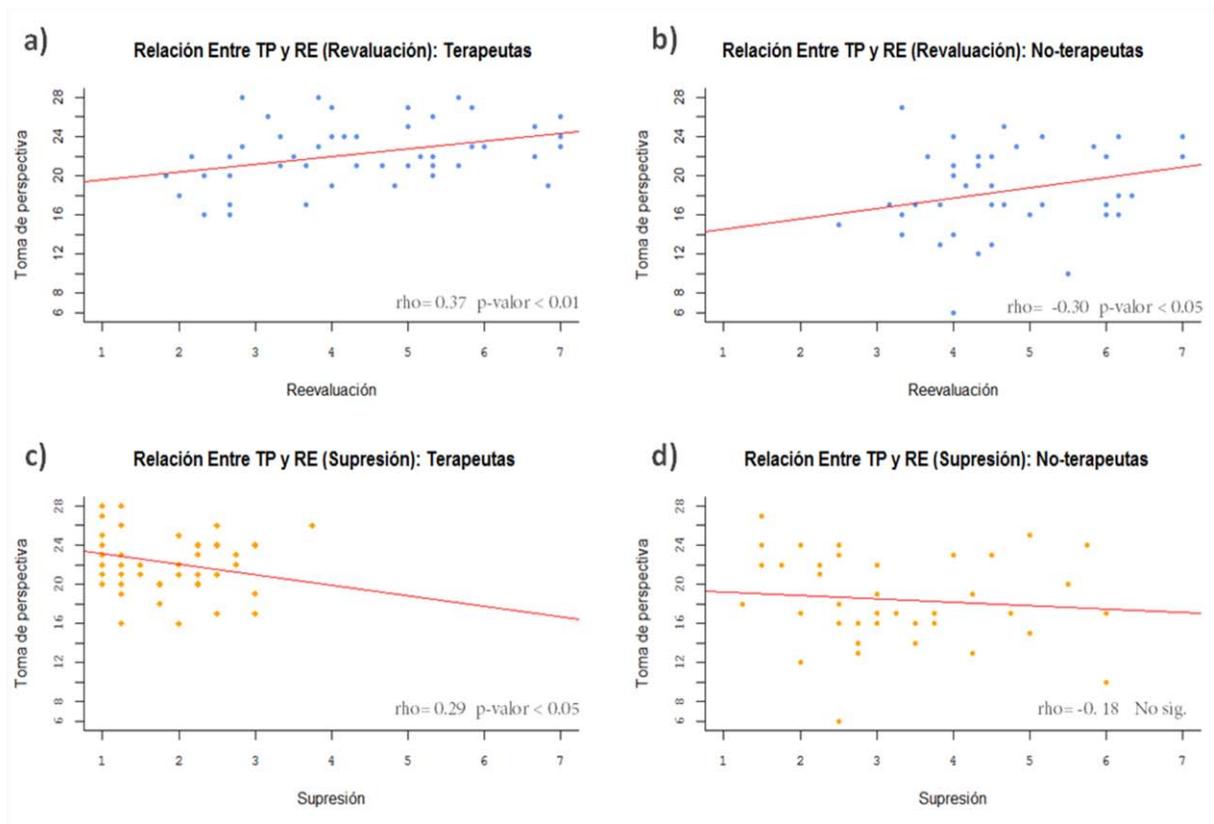


Figura 10.- Correlaciones de Spearman entre la toma de perspectiva y las dos estrategias de regulación emocional, tanto para el grupo de terapeutas (a,c) como para el de los no-terapeutas (b,d). En rojo se presenta la línea de tendencia obtenida por regresión lineal, esta solo es significativa para el inciso "a".

Por otra parte, a diferencia de los no-terapeutas, los terapeutas presentan una correlación significativa (Figura 10) entre la toma de perspectiva y la estrategia de supresión expresiva. Esta correlación es inversa a la presentada con la estrategia de reevaluación, es decir a menor uso de la estrategia de supresión mayor toma de perspectiva.

## 7.5 Discusión

### 7.5.1. Diferencias en Constructos

El constructo de Toma de Perspectiva (TP), indica los intentos espontáneos del sujeto por adoptar la perspectiva del otro ante situaciones reales de la vida cotidiana, es decir, la habilidad para comprender el punto de vista de la otra persona. En esté,

ambos grupos salieron más altos que la media poblacional (*Tabla.1*). Sin embargo, los terapeutas presentan puntajes significativamente mayores (*Figura 8*), sugiriendo que los terapeutas ejercen una mayor toma de perspectiva en sus relaciones con los otros.

Por otro lado, el hecho de que los terapeutas presentaran una diferencia significativa respecto al poco uso de la supresión expresiva como estrategia de regulación emocional (*Figura 9*), va de la mano con lo estipulado por Rogers (1951), en relación a que este tipo de estrategia crea un sentido individual de incongruencia o discrepancia entre la experiencia interna y la experiencia expresada, lo cual no solo se relaciona con un menor desempeño social sino que también entorpece la respuesta empática y por ende el trabajo terapéutico (Rogers, 1951; Gross & John, 2003).

Respecto a la diferencia en el constructo de Fantasía, cabe mencionar que el constructo mide la sensibilidad que se tiene hacia los otros a través de la evaluación de la tendencia a identificarse con los personajes de las películas, novelas, obras teatrales. El autor argumenta (Davis, 1983) que aquellos con puntajes más altos en este constructo, como es el caso de los terapeutas, presentan una mayor vulnerabilidad emocional que implica una representación más detallada de la experiencia emocional del otro. Por esto mismo, menciona que influye de forma importante en la toma de perspectiva, lo cual concuerda con los resultados mostrados anteriormente.

### **7.5.2. Correlaciones**

Tanto la toma de perspectiva como la regulación emocional usan recursos relacionados con funciones ejecutivas que se implementan en la corteza prefrontal (Zelazo, Carlson, & Kesek, 2008), aunque utilizando diferentes regiones cerebrales cuyas conexiones hacia estructuras subcorticales límbicas permiten la emergencia de distintas funciones. Así, se puede sugerir una relación de ambos constructos. En nuestro entender, no ha sido reportada una correlación entre los constructos del IRI y los del ERQ, sin embargo se ve presente en este estudio. Esto se puede observar no sólo en la relación de toma de perspectiva con la estrategia de reevaluación cognitiva (*Figura 10*), donde a pesar de que los terapeutas y los no-terapeutas presentan una correlación positiva significativa, los primeros presentan una correlación lineal de una respecto a la otra, lo que podría sugerir que en esta población, la reevaluación cognitiva

puede ser influenciada por el hecho de tratar de tomar la perspectiva de otra persona, y viceversa (*Figura 10*).

Asimismo, esta relación de toma de perspectiva y regulación emocional se ve apoyada en la correlación negativa entre la estrategia de supresión expresiva y la toma de perspectiva, presente solamente en los terapeutas (*Figura 10*). Tal correlación concuerda con lo mencionado en el párrafo anterior, respecto a que un menor uso de esta estrategia propicia un mejor trabajo terapéutico (Rogers, 1951), pudiendo sugerir que en los terapeutas un menor uso de la estrategia de supresión expresiva se relaciona con una mayor toma de perspectiva.

Esta relación entre la toma de perspectiva y ambas estrategias de regulación emocional presentes en los terapeutas, podría sugerir una mayor relación entre áreas cerebrales relacionadas con la regulación de emociones y áreas relacionadas con la toma de perspectiva

A forma de conclusión, se puede decir que los terapeutas presentan diferencias significativas entre los constructos de Toma de Perspectiva, Supresión Expresiva y Fantasía. Asimismo, presentan relaciones significativas entre la Toma de Perspectiva y ambas estrategias de regulación emocional, relaciones que no se presentan en el grupo de no-terapeutas. Estas diferencias distinguen a los terapeutas especialistas en la terapia centrada en la persona de los no-terapeutas. Lo anterior podría sugerir la existencia no solo de diferencias conductuales, sino también, posibles diferencias en la conectividad funcional de áreas relacionadas con dichos componentes de la respuesta empática.

## **8. Estudio *rsfMRI***

Basándonos en los resultados del estudio anterior, suponemos que las diferencias conductuales entre los terapeutas especializados en la terapia centrada en la persona y los no-terapeutas, están sustentadas por diferencias en el sustrato neurofuncional de los componentes empáticos estudiados. Por ello, decidimos explorar algunas propiedades de las redes neurofuncionales asociadas, mediante el uso de

resonancia magnética funcional en estado de reposo (*rsfMRI*). Específicamente se exploraron posibles diferencias en las propiedades de conectividad funcional cerebral entre terapeutas y no-terapeutas.

### **8.1 Hipótesis**

Existen diferencias significativas entre no-terapeutas y terapeutas en la conectividad funcional de áreas relacionadas con la toma de perspectiva y la regulación emocional.

### **8.2. Objetivo**

Caracterizar diferencias en la conectividad funcional de áreas relacionadas a la toma de perspectiva y la regulación de emociones en un grupo de terapeutas especialistas en terapia centrada en la persona (TCP) y un grupo de no-terapeutas.

### **8.3. Sujetos, Materiales y Métodos**

#### **8.3.1. Sujetos**

La muestra consta de dos grupos de 10 sujetos cada uno, tomados de la muestra previa del estudio conductual. Un grupo de 10 terapeutas especialistas en TCP (edad promedio 55.8 años, 3 hombres) con 12 o más años de experiencia y otro de 10 profesionistas (edad promedio 55.8 años, 3 hombres) con estudios de posgrado de diferentes áreas del conocimiento, todos diestros. Los sujetos fueron pareados por estatus económico, años de estudios formales, edad y sexo. Todos los participantes eran activos profesional o académicamente. Ninguno de los participantes presentó historia de enfermedad neurológica o psiquiátrica (corroborado en entrevista). Ningún sujeto estaba bajo tratamiento psicofarmacológico. A todos los participantes se les informó de los procedimientos del estudio y se les pidió firmar una carta de consentimiento informado. A cada participante se le asignó una clave de identificación cuyo conocimiento sólo tuvieron los responsables de la investigación, a fin de mantener en confidencialidad la identidad de los participantes.

### **8.3.2. Pruebas conductuales complementarias**

Como complemento al estudio conductual, a ambos grupos se les aplicó la escala de Alexitimia de Toronto TAS-20 (Martínez-Sánchez, 1996; Rubio y col., 2008). La aplicación de esta escala se realizó para profundizar en los procesos de regulación de emociones y, a su vez, evaluar otro aspecto relacionado con la fantasía. La prueba mide tres constructos:

- Dificultad para diferenciar sentimientos (DIS)
- Dificultad para expresar sentimientos (DES)
- Pensamiento externamente orientado (PEO): que se relaciona con la habilidad de introspección; asimismo, los autores lo relacionan con una vida interna empobrecida de fantasía, es decir a mayor puntaje menor fantasía.

#### *8.3.2.1. Pruebas como criterio de exclusión*

La puntuación total del TAS-20 se usó como criterio de exclusión para aquellos participantes que presentasen indicios de alexitimia (puntaje arriba de 52, según los autores), con el objetivo de homogenizar más la muestra. Por esta misma razón también se aplicó a ambos grupos el Inventario para la Depresión de Beck (BDI-II; Beck, Steer y Brown, 1996), excluyendo así a cualquiera que presentara como mínimo indicios de depresión clínica (puntaje arriba de 17).

#### *8.3.2.2. Análisis de las pruebas.*

De igual manera, como se realizó con los otros resultados conductuales, los análisis se llevaron a cabo usando el programa libre estadístico R (R RDevelopment, 2010).

### **8.3.3. Equipo y metodología**

Para la adquisición y análisis de las imágenes por Resonancia Magnética funcional, se utilizó un equipo de resonancia magnética 3.0 Teslas G.E. Discovery MR750 (General Electric, Waukesha, WI) con una bobina de cabeza de 32 canales. Todas las imágenes se guardaron en formato DICOM.

### 8.3.3.1. Procedimiento de Adquisición

La adquisición de las imágenes de resonancia magnética se realizó de la siguiente manera:

- Una secuencia de imágenes funcionales, sensibles al efecto *BOLD* con contraste tipo  $T2^*$ . Esta secuencia tuvo una duración de 6 minutos, con un tiempo de repetición (TR) de 2000ms y un tiempo de eco (TE) de 40 ms. Usando una secuencia de pulso bidimensional ecoplanar con un ángulo de inclinación de  $90^\circ$ , obteniendo 34 rebanadas de corte axial de forma continua intercalada. Se obtuvieron 180 volúmenes, con una resolución espacial por voxel de  $4 \times 4 \times 4 \text{ mm}^3$ . La secuencia se adquirió mientras los participantes estaban despiertos en estado de reposo.
- Una secuencia de imágenes estructurales de alta resolución, de tipo 3D con contraste tipo T1, con una secuencia de pulso tipo *SPGR (Spoiled Gradient Recalled Echo)*, utilizando un ángulo de inclinación de  $12^\circ$  para el pulso, con un TR de 8.1 ms y un TE de 3.2 ms. Obteniendo una matriz de  $256 \times 256$  voxeles por rebanada, con una resolución espacial de  $1 \times 1 \times 1 \text{ mm}^3$  por voxel. Esta secuencia tuvo una duración de 5min.

Para todas las secuencias, se les dio a los participantes la instrucción de intentar mantenerse lo más quietos posible, evitando realizar movimientos. Para la secuencia en estado de reposo, se les solicitó que se mantuvieran relajados, con los ojos cerrados, sin dormirse, sin meditar y sin pensar en nada en particular.

### 8.3.3.2. Análisis de datos

Para el análisis de los datos de resonancia se utilizó el programa FSL V5.1 (*FMRIB Software Library, Oxford, UK*; Jenkinson y col., 2012), y secuencias de programas realizadas en el laboratorio (usando Bash, R y Matlab v13a).

### 8.3.3.3. Preprocesamiento

Como parte del preprocesamiento estándar de las imágenes de resonancia se realizaron los siguientes pasos:

- Corrección de inhomogeneidades, es decir variaciones en la intensidad espacial.
- Remoción de cráneo y tejidos que no formaban parte del cerebro.
- Se registraron las imágenes funcionales de cada sujeto con sus respectivas imágenes estructurales. Posteriormente se normalizaron al espacio estructural estándar MNI 152 del Instituto Neurológico de Montreal.
- Filtrado temporal de banda, para remover fluctuaciones de frecuencias menores a 0.01 Hz y mayores a 0.1 Hz. (Gee y col., 2010).

Para el preprocesamiento estándar no se realizaron ni regresión de señal global, ni suavizado espacial. Posterior a este preprocesamiento se modeló el ruido fisiológico a partir de las 5 componentes principales del líquido cefalorraquídeo y sustancia blanca (Behzadi y col., 2007), con el fin de removerlo a partir de regresión lineal usando el modelo lineal general.

Se ha demostrado que el movimiento de la cabeza dentro del escáner puede causar cambios espurios en la intensidad de la señal. Estudios recientes han demostrado que un movimiento registrado de tan solo 0.1mm puede causar errores durante el análisis de los datos de *fMRI* en la estimación del efecto intergrupo y entre grupos (Power y col., 2012). Debido a esto, se hizo una corrección de movimiento detectando en base a 32 parámetros aquellos volúmenes que fueran afectados por el movimiento y que presentarían un error cuadrático medio arriba de 0.25 de varianza, los parámetros de dichos volúmenes se introducirían posteriormente como covariables en el modelo lineal general para removerlos. En caso de que el número total de volúmenes removidos pasara de 30 por sujeto, los datos de dicho sujeto tendrían que ser removidos del estudio por movimiento excesivo.

#### 8.3.3.4. Análisis de Conectividad Funcional

Para la obtención de la conectividad funcional (FC) de los sujetos de estudio, se realizó un análisis por semilla, donde de a partir de una región de interés (ROI) o semilla se busca que series temporales dentro de todo el resto de voxeles pueden correlacionar con la señal presentada por la semilla.

Las semillas usadas en este estudio se tomaron de diversos artículos, estas se pueden encontrar en la *Tabla.2* con las referencias del estudio de donde fueron tomadas, así como con un breve resumen de las funciones con las que se han visto asociadas y que por ende las hacen pertinentes para esta investigación. Algunas de las semillas fueron modificadas para ajustarse mejor a las regiones anatómicas de interés de este estudio. En la *Tabla.2* también se presentan las coordenadas de las semillas junto con sus nombres y abreviaciones.

Posterior a la obtención de la conectividad funcional de cada una de las semillas, se realizó una prueba t de Student para identificar diferencias significativas en los patrones de conectividad funcional entre el grupo de no-terapeutas y el grupo de los terapeutas. Este análisis se llevo a cabo usando un método de permutaciones a través del comando *Randomise* de FSL, el cual realizó las comparaciones para cada voxel que representa al cerebro (*voxel-wise*), usando la aplicación del método *TFCE* (*Threshold Free Cluster Enhancement*, desarrollado por Smith & Nichols, 2009) que busca aquellos agrupamientos de voxeles o *clusters*, permitiendo el aumento de significancia de estos al compararlos con el resto de los voxeles. El programa puede ser configurado para arrojar los resultados significativos corregidos por *FWE* (*Family Wise Error*), así como resultados sin corregir, dando no solo los contrastes de No-terapeutas > Terapeutas (N>T) y Terapeutas > No-terapeutas, sino también los mapas promedio de cada grupo. Para este estudio se tomo un nivel de significancia  $p < 0.05$  para todas las comparaciones, se presentan los resultados significativos con el *p-valor* corregido.

Los mapas promedio corregidos de cada grupo se utilizaron para generar la máscara de la red de interés y buscar diferencias entre grupos sólo dentro de esta red;

**Tabla.2 Semillas usadas en este estudio.**

Nombre	Abrev. <sup>1</sup>	x	y	z	d <sup>2</sup>	Estudio	Relación
Región temporoparietal derecha anterior	<i>arTPJ</i>	58	-38	20	8	Mars y col., 2012	Se ha relacionado con la apreciación. Se ha sugerido que interactúa con la ínsula anterior
Región temporoparietal derecha posterior	<i>prTPJ</i>	54	-58	24	8	Mars y col., 2012	Se ha relacionado con teoría de la mente y toma de perspectiva. Se ha sugerido que interactúa con la <i>pCC</i>
Ínsula anterior/Giro frontal Inferior derecho	<i>rAI/IFG</i>	42	16	0	27	Tei y col., 2014	<i>rAI/IFG</i> su activación en tarea se ha relacionado con empatía hacia el dolor, además de una correlación negativa significativa con la dificultad de identificar las emociones propias.
Ínsula anterior/Giro frontal inferior izquierdo	<i>lAI/IFG</i>	-42	16	0	27	Tei y col., 2014	Tanto el <i>lAI/IFG</i> como el <i>rAI/IFG</i> se han visto involucrados en empatía del dolor y presentan las mismas correlaciones en el estudio.
Ínsula anterior (modificada)	<i>AI</i>	36	19	-4	8	Tei y col., 2014	Se modificaron las coordenadas obtenidas del estudio para poder especificar solo la ínsula anterior, la cual es parte de la llamada Red base de la empatía (Fan y col., 2011).
Región temporoparietal derecha anterior zona medial temporal	<i>rTPJ medTemp</i>	51	-30	-3	8	Kanske y col., 2015	Se ha sugerido que presenta conectividad funcional con regiones relacionadas con la <i>ToM</i> .
Giro frontal inferior derecho	<i>rIFG</i>	48	28	4	8	Greck y col., 2012	Se ha visto involucrado con empatía intencional y forma parte del circuito <i>IFG/TPJ</i> de modulación de la empatía (Engen & Singer, 2013).
Región temporoparietal derecha anterior Giro medial temporal	<i>rTPJ mTG</i>	62	-54	0	8	Greck y col., 2012	Se ha visto involucrada con empatía intencional y forma parte del circuito <i>IFG/TPJ</i> de modulación de la empatía (Engen & Singer, 2013).
Corteza del cíngulo posterior	<i>pCC</i>	-5	-51	39	8	Fox y col., 2005	Se ha descrito una correlación positiva entre la falta de activación en la <i>pCC</i> y una menor capacidad de fantasía (Mantani y col., 2005). Además forma parte del circuito base de la <i>ToM</i> (Kanske y col., 2015).

<sup>1</sup>Las abreviaciones se presentan por sus siglas en inglés.

<sup>2</sup>dímetro en mm de las semillas

esto se realizó para cada semilla. La información de los *clusters* que presentaron conexiones funcionales y/o diferencias significativas se obtuvo usando el comando *Cluster*. Las áreas de Brodmann reportadas se tomaron con base a las etiquetas de Talairach (Lancaster y col., 2000), mientras que las estructuras a las que se refieren las coordenadas de los resultados se refirieron con base al atlas de Harvard Oxford (Desikan y col., 2006).

Por último, se realizó un análisis de conectividad entre regiones de interés, donde se extrajo la señal temporal de una serie de semillas específicas relacionadas en la modulación de la empatía. Contrastando posteriormente la conectividad funcional entre grupos.

## 8.4 Resultados

### 8.4.1. Pruebas conductuales

Ninguno de los 20 sujetos presentó indicios de alexitimia ni depresión. Como se puede ver en la *Tabla.3*, los resultados obtenidos en las comparaciones del estudio conductual previo se mantuvieron. Asimismo, se encontraron diferencias significativas en los constructos de Dificultad para expresar sentimientos (DES), Pensamiento externamente orientado (PEO) y en el total de la prueba TAS-20 de Alexitimia.

**Tabla.3 Resultados significativos de la prueba t de 10 Terapeutas y 10 No-terapeutas.**

	p-valor	Terapeutas $\bar{x} \pm ds^*$	No-terapeutas $\bar{x} \pm ds^*$
<i>Toma de Perspectiva</i>	3.23E-06	22.15 ± 3.29	18.5 ± 4.63
<i>Supresión</i>	1.52E-09	1.80 ± 0.81	3.11 ± 1.29
<i>Fantasía</i>	3.93E-09	18.28 ± 4.23	12.51 ± 5.41
<i>DES</i>	1.87E-04	7.1 ± 1.91	10.6 ± 1.51
<i>PEO</i>	8.61E-06	16.0 ± 3.53	26.7 ± 3.86
<i>Total</i>	1.46E-04	32.4 ± 4.67	45.0 ± 4.76

\*ds: desviación estándar

### 8.4.2. Conectividad Funcional

Después del preprocesamiento, se encontró que el máximo número de volúmenes removidos por sujeto bajo los criterios de movimiento preestablecidos fue 9, lo cual refiere a una calidad adecuada de los datos, por tal motivo ningún sujeto fue removido por presentar exceso de movimiento.

Al contrastar la conectividad funcional de las diferentes semillas, se encontraron diferencias significativas entre los grupos, principalmente en semillas de las diferentes regiones temporoparietales. Todos los *p*-valores presentados fueron corregidos por *FWE*.

#### 8.4.2.1. No-terapeutas > Terapeutas (N>T)

Para el contraste No-terapeutas mayor que Terapeutas (N>T) las semillas que presentaron diferencias significativas en su CF fueron: la región temporoparietal derecha posterior (*prTPJ*), la corteza del cíngulo posterior (*pCC*) y la región temporoparietal derecha del giro medial temporal (*rTPJmTG*). En la *Tabla.4* se pueden observar las semillas que presentan diferencias significativas en este contraste, así como las regiones con las que presentan dichas diferencias de conectividad.

**Tabla.4 Resultados del contraste No-terapeutas > Terapeutas**

Semilla	Áreas-CF dif. <sup>2</sup>	AB <sup>4</sup>	Cluster	No. Voxeles	1-p-valor <sup>3</sup>	t	Coordenadas MNI pico-max <sup>1</sup>		
							x	y	z
<i>prTPJ</i>									
	<i>R Precuneus</i>	30	3	22	0.988	4.81	16	-60	14
	<i>L Precuneus</i>	31	2	4	0.964	4.13	-17	-64	12
	<i>C. intracalcarina</i>	17, 18	1	3	0.953	3.78	-4	-67	9
<i>pCC</i>									
	<i>Precuneus</i>	30, 29	1	108	0.997	5.63	12	-60	16
<i>rTPJmTG</i>									
	<i>Corteza Occ. L.</i>	19	1	6	0.98	4.68	-49	-74	12

<sup>1</sup>Pico con el máximo p-valor, <sup>2</sup>Áreas que presentan diferencias significativas en la conectividad funcional con la semilla, <sup>3</sup>Todos los *p*-valores expuestos son corregidos por *FWE*, <sup>4</sup>Área de Brodmann.

La semilla de la región temporoparietal derecha posterior (*prTPJ*) presenta en los no-terapeutas mayor conectividad en tres agrupamientos o *clusters*, dos de estos

*clusters* se encuentran en la zona del precuneus tanto del lado izquierdo como derecho, el tercer *cluster* se encuentra en la corteza intracalcarina.

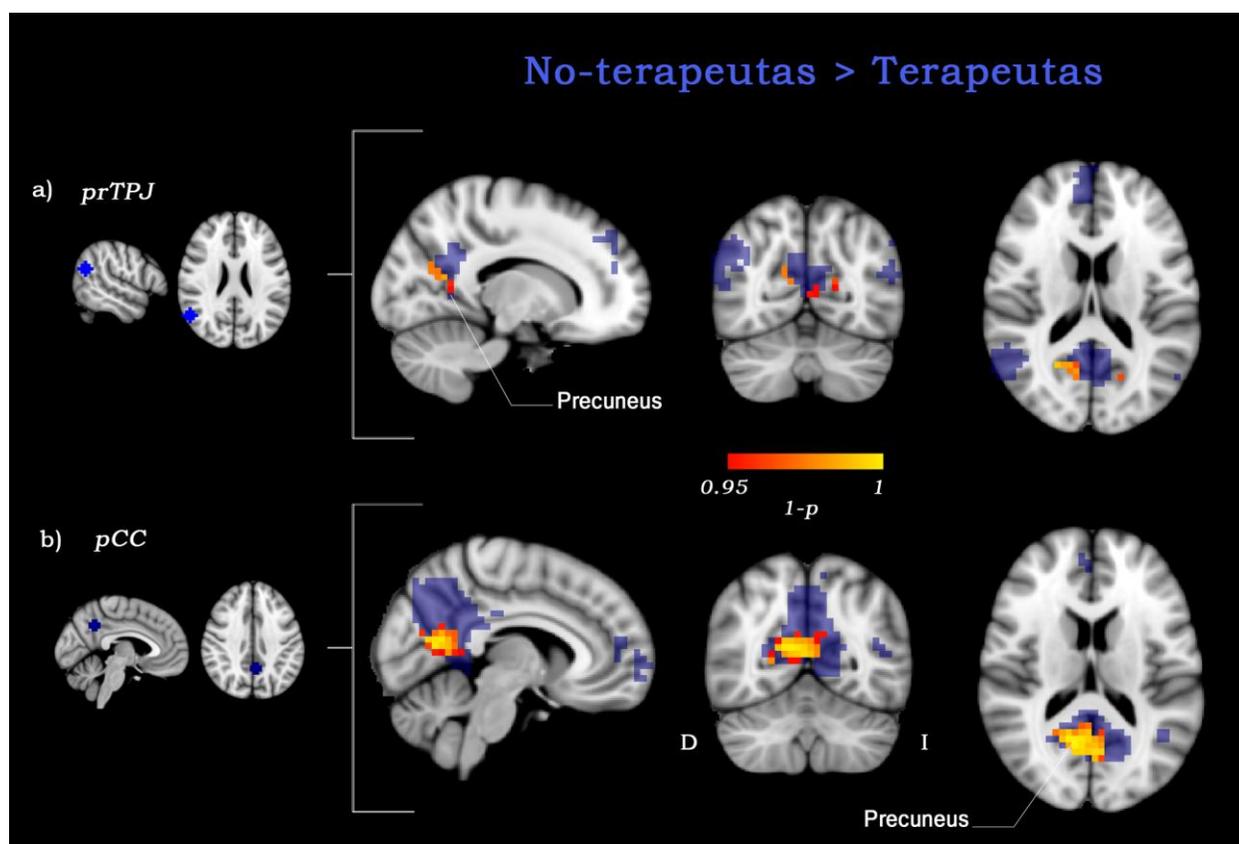
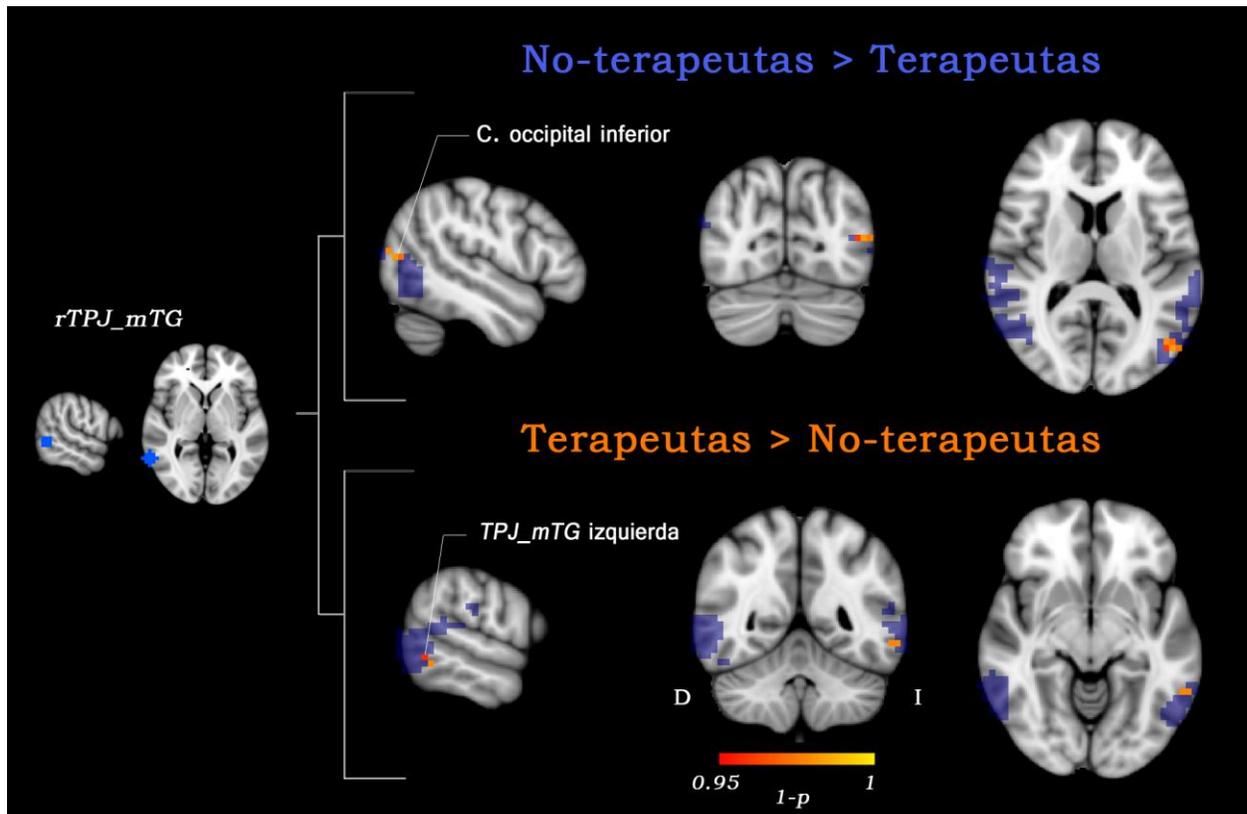


Figura 11.- Contraste N>T. Conectividad Funcional de las semillas *prTPJ* (a) y *pCC* (b). En naranja se muestran los voxeles con diferencias significativas entre grupos ( $p < 0.05$  FWE corregidos) para ambas semillas. En morado se puede apreciar la red promedio de ambos grupos obtenida para cada semilla. Imagen en vista radiológica, derecha (D) izquierda (I).

Tanto la semilla de *prTPJ*, como la semilla de la corteza del cíngulo posterior (*pCC*), presentan una mayor conectividad con el precuneus (Tabla.4, Figura 11). Sin

embargo, las diferencias de conectividad se presentan en un solo *cluster* que abarca la zona del precuneus de forma bilateral. Por último la semilla de la región temporoparietal derecha del giro medial temporal (*rTPJmTG*), presenta una mayor conectividad con la corteza intracalcarina (*Figura 12*). En sí, los no-terapeutas presentan una mayor conectividad de estas regiones hacia zonas posteriores.



*Figura 12.- Contraste N>T y T>N, de la conectividad Funcional de la semilla rTPJ\_mTG. En naranja se muestran los voxeles con diferencias significativas entre grupos ( $p < 0.05$  FWE corregidos) para ambos contrastes. En morado se puede apreciar la red promedio de ambos grupos. Imagen en vista radiológica, derecha (D) izquierda (I).*

#### 8.4.2.2. Terapeutas > No-terapeutas (T>N)

En el contraste Terapeutas mayor que No-terapeutas (T>N), las semillas que presentaron diferencias significativas en su CF fueron: la región temporoparietal derecha de la zona medial temporal (*rTPJmedTemp*), la semilla que contiene la ínsula anterior con el giro frontal inferior (*Ai/IFG*) y la región temporoparietal derecha del giro medial temporal (*rTPJmTG*). En la *Tabla.5* se muestran las diferencias significativas de

la conectividad funcional que presentan las diferentes semillas en el contraste T>N. Como se puede observar en la *Tabla.4* y *Tabla.5*, la *rTPJmTG* presenta diferencias significativas en ambos contrastes, sin embargo las diferencias se presentan en la CF hacia regiones diferentes. En el caso de los terapeutas se presenta una mayor conectividad de la región *rTPJmTG* hacia su contraparte izquierda (*Tabla.5, Figura 12*).

**Tabla.5 Resultados del contraste Terapeutas > No-terapeutas**

Semilla	Áreas-CF dif. <sup>2</sup>	AB <sup>4</sup>	Cluster	No. Voxeles	1-p-valor <sup>3</sup>	t	Coordenadas MNI pico-max <sup>1</sup>		
							x	y	z
<i>IAI/IFG</i>									
	<i>SMA</i>	6	1	1	0.95	4.87	3	-7	63
<i>rTPJ medTemp</i>									
	<i>Planum Polare</i>	13	1	1	0.97	5.06	47	-7	-9
<i>rTPJmTG</i>									
	<i>l TPJ mTG</i>	37	1	3	0.976	4.26	-59	-52	-7

<sup>1</sup>Pico con el máximo 1-(p-valor), <sup>2</sup>Áreas que presentan diferencias significativas en la conectividad funcional con la semilla, <sup>3</sup>Todos los *p- valores* expuestos son corregidos por *FWE*, <sup>4</sup>Área de Brodmann

La región temporoparietal derecha de la zona medial temporal (*rTPJmedTemp*), es una de las regiones más anteriores dentro de las regiones temporoparietales. Los terapeutas presentan una mayor conectividad de esta semilla hacia el *planum polare* (*Tabla.5, Figura 13*). De forma similar los terapeutas presentan una mayor conectividad de la semilla que comprende a la ínsula anterior y al giro frontal inferior (*Ai/IFG*) con el área motora suplementaria (*SMA*) (*Tabla.5, Figura 13*).

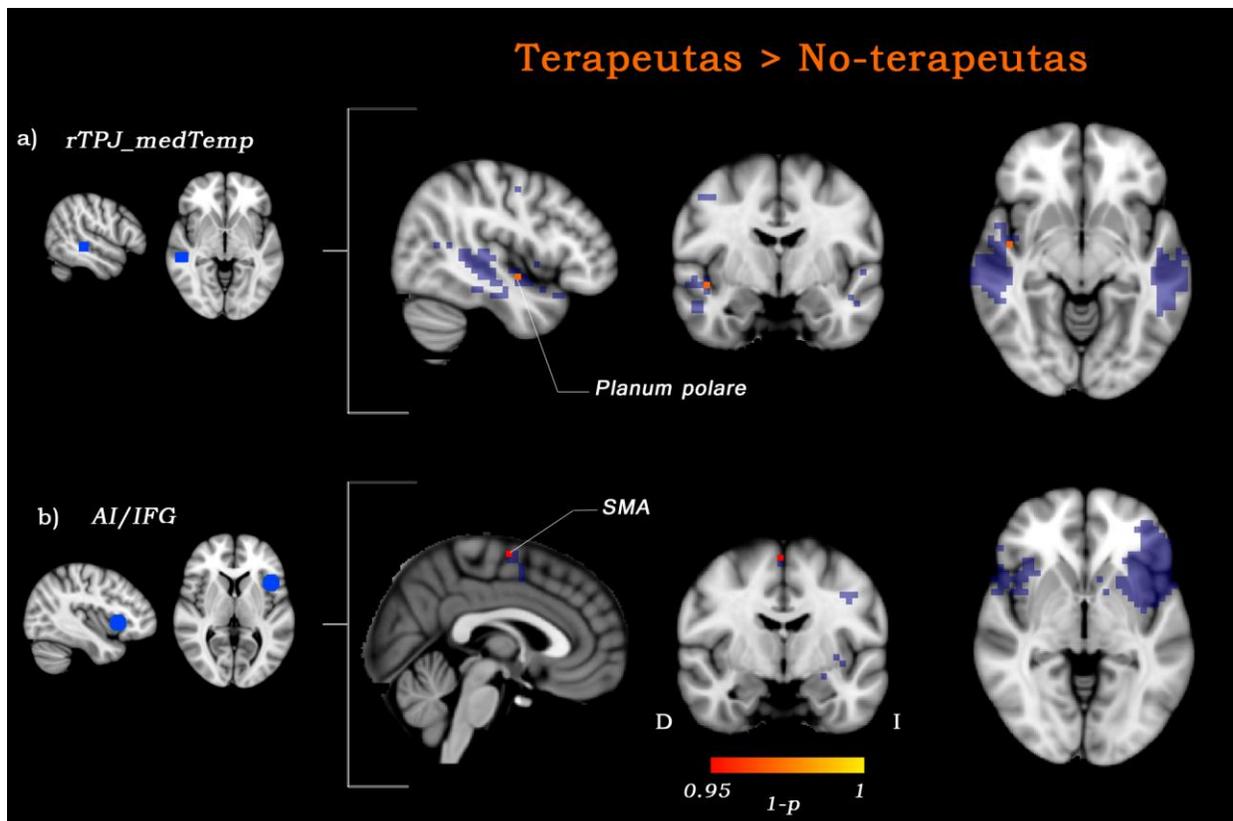


Figura 13.- Contraste T>N. Conectividad Funcional de las semillas *rTPJ\_medTemp* (a) y *AI/IFG* (b). En naranja se muestran los voxeles significativos (FWE corregidos) de las diferencias para ambas semillas. En morado se puede apreciar la red promedio de ambos grupos obtenida para cada semilla. Imagen en vista radiológica, derecha (D) izquierda (I).

## 8.5 Discusión

### 8.5.1. Pruebas conductuales

Como se puede observar en la *Tabla.3*, se encontraron diferencias en el constructo de Pensamiento Externamente Orientado (PEO), este resultado concuerda en parte con la diferencia presentada en el constructo de Fantasía del IRI, ya que según los autores el constructo de PEO refleja la fantasía interna del individuo y esto a su vez refleja la capacidad de introspección. Además, los terapeutas presentan una menor dificultad al expresar sus sentimientos, lo que sugiere un manejo diferente de sus emociones hacia con sus pares. Estas diferencias se ven reflejadas en el total de la prueba. Asimismo, se presentan los puntajes de los constructos de Toma de

Perspectiva, Supresión Expresiva y Fantasía, con la finalidad de mostrar que las diferencias anteriormente presentadas seguían presentes en esta muestra de 10 contra 10. En conjunto, estos resultados sugieren que la muestra de terapeutas no sólo es diferente en el uso de toma de perspectiva y en la forma de regular sus emociones, sino también presentan diferencias en como las perciben y manejan internamente.

### **8.5.2. Conectividad Funcional**

#### *8.5.2.1. No-terapeutas > Terapeutas (N>T)*

Al contrastar la CF de la región temporoparietal posterior derecha (*prTPJ*) de los no-terapeutas con la de los terapeutas, encontramos que los no-terapeutas presentaron una mayor conectividad funcional con zonas del precuneus (*PCu*) y la corteza intracalcarina (*Figura 11*). Mientras que la *prTPJ* se ha visto involucrada con la teoría de la mente (Bzdok y col., 2013), las zonas del *PCu* y la corteza intracalcarina, con las que se muestra la diferencia, se han visto relacionadas con la evocación de memoria autobiográfica (Spreng y col., 2010). Asimismo, al comparar la conectividad de la semilla de la corteza del cíngulo posterior (*pCC*), que también se ha relacionado con la teoría de la mente y la fantasía (Mantani y col., 2005, Fox y col., 2005), los no-terapeutas presentaron una mayor conectividad de ésta con el *PCu*. La conectividad funcional de ambas regiones con el precuneus podría sugerir que los no-terapeutas tienden a reclutar más la evocación de memoria autobiográfica en relación con áreas involucradas en la interpretación de estados mentales de otras personas.

Por último, al contrastar la semilla de la región temporoparietal derecha del giro medial temporal (*rTPJmTG*), los no-terapeutas presentaron una mayor CF con la corteza occipital inferior lateral izquierda (*Figura 12*), la cual se ha visto relacionada con distintos aspectos de imaginación y mentalización (Wagner y col., 2008; Atique y col., 2011). Teniendo en cuenta la relación de la *rTPJmTG* con la volición empática (Greck y col., 2012), se puede sugerir que la intención de la empatía en los no-terapeutas está más relacionada con la visualización e interpretación de la intencionalidad del otro.

En conjunto estos resultados nos sugieren, primero, que los no-terapeutas presentan una mayor CF con áreas involucradas en procesos más cognitivos relacionados con la teoría de la mente, como la evocación autobiográfica y la imaginación (Wagner y col., 2008; Atique y col., 2011). Segundo, debido a que las semillas con las que se presentó dicha CF han sido relacionadas con la modulación de la empatía (Engen & Singer, 2013), se podría sugerir que en los no-terapeutas la respuesta empática está más relacionada con circuitos referenciales o de pensamiento interno.

#### 8.5.2.2. *Terapeutas > No-terapeutas (T>N)*

A diferencia de los no-terapeutas que presentaron una mayor conectividad de la región temporoparietal derecha del giro medial temporal (*rTPJmTG*) con la corteza occipital, los terapeutas presentaron una mayor conectividad de la misma semilla pero con la parte contralateral de la misma (*Tabla.5, Figura 12*). Como se mencionó anteriormente, la *rTPJmTG* se ha visto relacionada con la empatía intencional, por otra parte la región temporoparietal izquierda se ha visto relacionada con el procesamiento de la semántica del lenguaje (Binder y col., 2009), que es el procesamiento de la relación de las palabras con su posible significado (Bréal, 1897). Se podría sugerir que en el caso de los terapeutas, la intencionalidad de la empatía está más relacionada con el entendimiento del mensaje emitido por la otra persona.

La región temporoparietal derecha de la zona medial temporal (*rTPJmedTemp*), a pesar de ser una región temporoparietal más anterior y estar relacionada con la apreciación (Bzdok y col., 2013), también se ha visto relacionada con la teoría de la mente (Kanske y col., 2015). Al comparar su CF, los terapeutas presentaron una mayor conectividad con el *planum polare*, que se ha relacionado con el escuchar y el procesamiento de la prosodia, que es el procesamiento del tono o entonación del mensaje (*Figura 13*) (Hesling y col., 2005; Angulo-Perkins y col., 2014). Esto podría sugerir que en los terapeutas existe una mayor dirección de la atención hacia la percepción del mensaje recibido y que ésta, a su vez, está relacionada con el entendimiento del estado mental del otro.

En la comparación de la CF de la semilla que incluye al giro frontal inferior y a la ínsula anterior izquierda (*AI/IFG*), los terapeutas presentaron una mayor conectividad con el área motora suplementaria (*SMA*), que se relaciona con la regulación de emociones, tomando en consideración que la *AI/IFG* no ha sido solo relacionada con la percepción de estímulos dentro de la generación de la empatía (Engen & Singer, 2013), sino en la identificación de emociones (Tei y col., 2014); esta relación con la *SMA* podría sugerir una influencia de la regulación de emociones hacia la percepción empática.

### 8.5.2.3. *Percepción e Inferencia*

En conjunto, los resultados del contraste N>T indican que los no-terapeutas tienen una mayor conectividad funcional hacia áreas más posteriores que están relacionadas con procesos de inferencia. Esta mayor conectividad también puede ser vista como una menor conectividad funcional de los terapeutas hacia dichas áreas.

En contraste los terapeutas presentan una mayor conectividad hacia zonas más ventrales involucradas en la percepción y en la regulación emocional. Esto es cierto aun en el contraste de la *rTPJmTG*, donde presentan una mayor conectividad con su parte contralateral, que aunque sigue siendo una zona posterior, es una zona más ventral que aquella con la que presentan una mayor conectividad los no-terapeutas (corteza occipital inferior).

Lo anterior podría sugerir que los terapeutas reclutan más áreas relacionadas con el entendimiento del mensaje, involucrando también áreas relacionadas con la inferencia de los estados mentales de los otros (*rTPJs*) y áreas involucradas en la percepción y volición de la empatía (*AI/IFG*, *rTPJmTG*). Al mismo tiempo, los terapeutas presentan una menor conectividad entre áreas posteriores relacionadas con la mentalización y la evocación autobiográfica. Dichas diferencias podrían relacionarse a la práctica de la terapia de alianza y al entrenamiento llevado por ellos para dicha práctica. Cabe resaltar que el entrenamiento enfatiza en la recepción del mensaje del paciente, tratando de procesarlo sin juicios o analogías de vivencias propias, de tal forma que el terapeuta antes de inferir o interpretar el mensaje, tuvo que haberlo

entendido de la mejor manera posible. El hecho de que los terapeutas estén constantemente enfocados más a la percepción del mensaje, evitando a su vez el tratar de ligarlo con situaciones autobiográficas mientras lo perciben, podría verse reflejado en la poca conectividad hacia áreas de evocación autobiográfica y en la mayor conectividad hacia áreas de procesamiento semántico y prosódico del mensaje.

Por otra parte, se podría argumentar que la presencia de menor conectividad entre áreas relacionadas con la teoría de la mente (*ToM*), implicaría un menor entendimiento en la inferencia de los estados mentales de las otras personas. Contrastando estos resultados con los resultados conductuales, podemos observar que al menos en las pruebas obtenidas esto no se ve reflejado, ya que en constructos que miden la parte cognitiva de la empatía relacionada con la *ToM*, como es el caso del constructo de Toma de Perspectiva y Fantasía, vemos que los terapeutas se distinguen de los no-terapeutas teniendo una mayor toma de perspectiva y mayor fantasía, lo cual, según el autor (Davis, 1980), muestra una capacidad mayor para visualizar el estado mental del otro. Así, se podría sugerir que la menor conectividad hacia áreas de la *ToM* no refleja una menor inferencia sobre el estado mental del otro, sino posiblemente una estrategia diferente para llevarlo a cabo. Apoyando esta hipótesis, se encuentra además la presencia de mayor conectividad de áreas que se han visto relacionadas con la inferencia hacia zonas de procesamiento del lenguaje. Lo cual también podría sugerir que, de haber un efecto por el entrenamiento, éste no se está dando en redes asociadas a acciones específicas, sino más bien en la interacción de dichas redes.

Dicho lo anterior y viendo las diferencias de conectividad, se decidió explorar en forma breve la conectividad entre diferentes *ROIs* involucradas en 6 diferentes redes (*Tabla.1B*, *Apéndice B*). De este análisis se obtuvieron resultados significativos, pero con el *p-valor* sin corregir, lo cual podría tomarse solamente como tendencias.

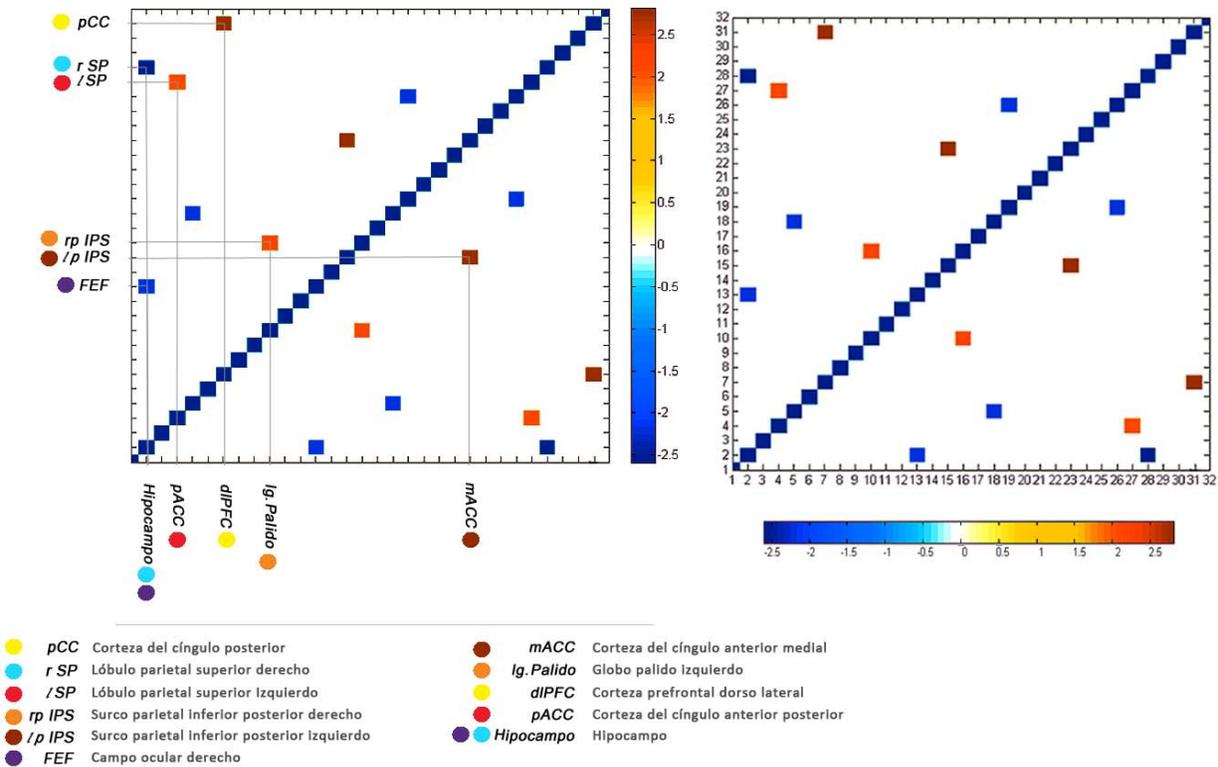


Figura 14.- Diferencias del análisis de conectividad entre regiones de interés (ROIs). Se presenta la matriz de correlación de las diferencias significativas del análisis, del lado derecho se puede apreciar la matriz con los números (Tabla.1B) de cada ROI con la que se hizo la correlación. Del lado izquierdo se muestran solo los nombres de aquellas regiones de interés para el estudio.

En la Figura 14 se pueden observar las diferencias de conectividad entre los terapeutas y los no-terapeutas. Estas diferencias apoyan lo dicho anteriormente. Se observa que los terapeutas presentan una mayor conectividad de zonas posteriores parietales (*SP*, *PCC*, *pIPS*), relacionadas con la atención, con zonas involucradas con la regulación emocional, la compasión y la percepción empática (*pACC*, *g. palido*, *dIPFC*, *mACC*). Al mismo tiempo, presentan una menor conectividad de zonas relacionadas con la atención (*SP*, *FEF*), con zonas del hipocampo involucradas con la participación de la memoria en la generación de emociones. Estos resultados aunque de forma preliminar, apoyan los resultados del estudio de conectividad funcional por semilla, y fortalecen la hipótesis de que posiblemente las diferencias de los terapeutas puedan ser relacionadas con la manera en que interaccionan diferentes redes. Sin embargo, cabe la posibilidad de que dichas diferencias estuvieran presentes previo al

entrenamiento, para descartar dicha posibilidad es necesario evaluar la plasticidad del entrenamiento en un plazo más corto, para así poder contrastar el antes y después.

## **9. CONCLUSIÓN**

Existen diferencias significativas que distinguen a los terapeutas de los no-terapeutas, estas diferencias son tanto conductuales como en su conectividad funcional. Conductualmente, los terapeutas se distinguen en los constructos de toma de perspectiva, fantasía, supresión emocional, PEO, DDS y en el total de la prueba de alexitimia. Asimismo, los terapeutas se distinguen al presentar una mayor conectividad funcional con áreas ventrales relacionadas con la percepción y el procesamiento del lenguaje, y una menor conectividad hacia áreas posteriores, relacionadas con la evocación autobiográfica. Estos resultados contribuyen a la identificación de los substratos neurofuncionales de la respuesta empática y dan pauta a futuros estudios para un mejor entendimiento de su posible modulación, mediante entrenamientos a corto y largo plazo.

## **10. LIMITACIONES Y PERSPECTIVAS**

Los resultados expuestos en este estudio podrían modificarse al incrementar la muestra, debido a que ésta es todavía relativamente pequeña. Sin embargo, los resultados significativos del estudio de *rsfMRI*, aunados a los del estudio conductual que se realizó con una muestra mucho mayor; nos hacen pensar que las diferencias psicométricas y de conectividad funcional persistirían aún en una muestra más grande.

Como se mencionó antes, no podemos saber si las diferencias presentes en los terapeutas se encontraban antes del entrenamiento o fueron debidas a la plasticidad de éste. Creemos que el presente estudio da pauta a la futura exploración de los posibles efectos del entrenamiento en un plazo más corto, en donde se pueda contar con una referencia previa al entrenamiento para contrastarla con otra posterior a él.

## REFERENCIAS

- Akitsuki, Y., & Decety, J. (2009). Social context and perceived agency affects empathy for pain: an event-related fMRI investigation. *Neuroimage*, 47 (2), 722-734.
- Angulo-Perkins, A., & Concha, L. (2014). Music perception: information flow within the human auditory cortices. In *Neurobiology of Interval Timing* (pp. 293-303). Springer New York.
- Atique, B., Erb, M., Gharabaghi, A., Grodd, W., & Anders, S. (2011). Task-specific activity and connectivity within the mentalizing network during emotion and intention mentalizing. *Neuroimage*, 55(4), 1899-1911.
- Beck, A. T., Steer, R. A., & Brown, G. K. (1996). *Manual for the BDI-II*.
- Behzadi, Y., Restom, K., Liau, J., & Liu, T. T. (2007). A component based noise correction method (CompCor) for BOLD and perfusion based fMRI. *Neuroimage*, 37(1), 90-101.
- Binder, J. R., Desai, R. H., Graves, W. W., & Conant, L. L. (2009). Where is the semantic system? A critical review and meta-analysis of 120 functional neuroimaging studies. *Cerebral Cortex*, 19(12), 2767-2796.
- Breal, M. (1897). 1924—*Essai de sémantique*. Paris: Hachette, 1ère éd.
- Bzdok, D., Langner, R., Schilbach, L., Jakobs, O., Roski, C., Caspers, S., ... Eickhoff, S. B. (2013). Characterization of the temporo-parietal junction by combining data-driven parcellation, complementary connectivity analyses, and functional decoding. *NeuroImage*, 81, 381–392. <http://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.05.046>
- Craig, A. D. (2009). How do you feel—now? the anterior insula and human awareness. *Nature reviews neuroscience*, 10(1).
- Danziger, N., Failenot, I., & Peyron, R. (2009). Can we share a pain we never felt? Neural correlates of empathy in patients with congenital insensitivity to pain. *Neuron*, 61(2), 203-212.
- Davis, M.H. (1980). A multidimensional Approach to Individual Differences in Empathy. *JSAS Catalog of Selected Documents in Psychology*, 10, 85.
- Davis, M.H. (1983). Measuring Individual Differences in Empathy: Evidence for a Multidimensional Approach. *Journal of Personality and Social Psychology*, 44 (1), 113-126.
- de la Rubia, J. M. (2008). Propiedades psicométricas de la Escala de Alexitimia de Toronto de 20 reactivos en México. *Revista Electrónica de Psicología Iztacala*, 11(2).
- De Vignemont, F., & Singer, T. (2006). The empathic brain: how, when and why?. *Trends in cognitive sciences*, 10(10), 435-441.
- De Waal, F. B. (2012). The antiquity of empathy. *Science*, 336(6083), 874-876.

Decety, J. (2005). Perspective taking as the royal avenue to empathy. *Other minds: How humans bridge the divide between self and others*, 143-157.

Decety, J. (2011). Dissecting the neural mechanisms mediating empathy. *Emotion Review*, 3(1), 92-108.

Decety, J., & Jackson, P. L. (2004). The Functional Architecture of Human Empathy. *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews*, 3(2), 71–100. <http://doi.org/10.1177/1534582304267187>

Delgado, E. P., Escrivá, M. V. M., García, P. S., & Navarro, M. D. F. (1999). Instrumentos para la evaluación de la empatía. In *Psicología moral y crecimiento personal: su situación en el cambio de siglo* (pp. 181-190). Ariel.

Derntl, B., Kryspin-Exner, I., Fernbach, E., Moser, E., & Habel, U. (2008). Emotion recognition accuracy in healthy young females is associated with cycle phase. *Hormones and Behavior*, 53(1), 90-95.

Engen, H. G., & Singer, T. (2013). Empathy circuits. *Current opinion in neurobiology*, 23(2), 275-282.

Eres, R., Decety, J., Louis, W. R., & Molenberghs, P. (2015). Individual differences in local gray matter density are associated with differences in affective and cognitive empathy. *NeuroImage*.

Etkin, A., Büchel, C., & Gross, J. J. (2015). The neural bases of emotion regulation. *Nature Reviews Neuroscience*, 16(11), 693-700.

Fan, Y., Duncan, N. W., de Greck, M., & Northoff, G. (2011). Is there a core neural network in empathy? An fMRI based quantitative meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 35(3), 903-911.

Fernández-Pinto, I., López-Pérez, B., & Márquez, M. (2008). Empatía: Medidas, teorías y aplicaciones en revisión. *Anales de psicología*, 24(2), 284-298.

Fox, M. D., Snyder, A. Z., Vincent, J. L., Corbetta, M., Van Essen, D. C., & Raichle, M. E. (2005). The human brain is intrinsically organized into dynamic, anticorrelated functional networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(27), 9673-9678.

Freeman, S. M., Clewett, D. V., Bennett, C. M., Kiehl, K. A., Gazzaniga, M. S., & Miller, M. B. (2014). The Posteromedial Region of the Default Mode Network Shows Attenuated Task-Induced Deactivation in Psychopathic Prisoners.

Frith, C. D., & Frith, U. (2006). The neural basis of mentalizing. *Neuron*, 50(4), 531-534.

Gaston, L., Thompson, L., Gallagher, D., Cournoyer, L. G., & Gagnon, R. (1998). Alliance, technique, and their interactions in predicting outcome of behavioral, cognitive, and brief dynamic therapy. *Psychotherapy research*, 8(2), 190-209.

Gee, D. G., Biswal, B. B., Kelly, C., Stark, D. E., Margulies, D. S., Shehzad, Z., Uddin, L. Q., et al. (2011). Low frequency fluctuations reveal integrated and segregated processing among the cerebral hemispheres. *Neuroimage*, 54(1), 517–527.

- Giuliani, N. R., Drabant, E. M., Bhatnagar, R., & Gross, J. J. (2011). Emotion regulation and brain plasticity: expressive suppression use predicts anterior insula volume. *Neuroimage*, 58(1), 10-15.
- Goldin, P. R., McRae, K., Ramel, W., & Gross, J. J. (2008). The neural bases of emotion regulation: reappraisal and suppression of negative emotion. *Biological psychiatry*, 63(6), 577-586.
- Goldsmith, L. P., Lewis, S. W., Dunn, G., & Bentall, R. P. (2015). Psychological treatments for early psychosis can be beneficial or harmful, depending on the therapeutic alliance: an instrumental variable analysis. *Psychological medicine*, 45(11), 2365-2373.
- Greck, M. de, Wang, G., Yang, X., Wang, X., Northoff, G., & Han, S. (2012). Neural substrates underlying intentional empathy. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 7(2), 135–144.  
doi:10.1093/scan/nsq093
- Gross, J. J., & John, O. P. (2003). Individual differences in two emotion regulation processes: implications for affect, relationships, and well-being. *Journal of personality and social psychology*, 85(2), 348.
- Gross, J. J., & Levenson, R. W. (1993). Emotional suppression: physiology, self-report, and expressive behavior. *Journal of personality and social psychology*, 64(6), 970.
- Guerra-Carrillo, B., Mackey, A. P., & Bunge, S. A. (2014). Resting-state fMRI A window into human brain plasticity. *The Neuroscientist*, 1073858414524442.
- Hesling, I., Dilharreguy, B., Clément, S., Bordessoules, M., & Allard, M. (2005). Cerebral mechanisms of prosodic sensory integration using low-frequency bands of connected speech. *Human brain mapping*, 26(3), 157-169.
- Horvath, A. O., & Greenberg, L. S. (1994). *The Working Alliance: Theory, Research, and Practice*. John Wiley & Sons.
- Jenkinson, Mark, Christian F. Beckmann, Timothy EJ Behrens, Mark W. Woolrich, and Stephen M. Smith. "Fsl." *Neuroimage* 62, no. 2 (2012): 782-790.
- Kanske, P., Böckler, A., Trautwein, F. M., & Singer, T. (2015). Dissecting the social brain: Introducing the EmpaToM to reveal distinct neural networks and brain–behavior relations for empathy and Theory of Mind. *Neuroimage*, 122, 6-19.
- Klimecki, O. M., Leiberg, S., Lamm, C., & Singer, T. (2012). Functional neural plasticity and associated changes in positive affect after compassion training. *Cerebral Cortex*, bhs142.
- Koster-Hale, J., Saxe, R., Dungan, J., & Young, L. L. (2013). Decoding moral judgments from neural representations of intentions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(14), 5648–5653.  
doi:10.1073/pnas.1207992110

- Kuzmanovic, B., Bente, G., von Cramon, D. Y., Schilbach, L., Tittgemeyer, M., & Vogeley, K. (2012). Imaging first impressions: Distinct neural processing of verbal and nonverbal social information. *NeuroImage*, 60(1), 179–188. <http://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.12.046>
- Lamm, C., Batson, C. D., & Decety, J. (2007a). The neural substrate of human empathy: effects of perspective-taking and cognitive appraisal. *Journal of cognitive neuroscience*, 19(1), 42-58.
- Lamm, C., Decety, J., & Singer, T. (2011). Meta-analytic evidence for common and distinct neural networks associated with directly experienced pain and empathy for pain. *NeuroImage*, 54(3), 2492–2502. doi:10.1016/j.neuroimage.2010.10.014
- Lamm, C., Nusbaum, H. C., Meltzoff, A. N., & Decety, J. (2007b). What are you feeling? Using functional magnetic resonance imaging to assess the modulation of sensory and affective responses during empathy for pain. *PLoS One*, 2(12), e1292.
- Lynch, C. J., Uddin, L. Q., Supekar, K., Khouzam, A., Phillips, J., & Menon, V. (2013). Default Mode Network in Childhood Autism: Posteromedial Cortex Heterogeneity and Relationship with Social Deficits. *Biological Psychiatry*, 74(3), 212–219. doi:10.1016/j.biopsych.2012.12.013
- Mantani, T., Okamoto, Y., Shirao, N., Okada, G., & Yamawaki, S. (2005). Reduced activation of posterior cingulate cortex during imagery in subjects with high degrees of alexithymia: a functional magnetic resonance imaging study. *Biological psychiatry*, 57(9), 982-990.
- Mars, R. B., Sallet, J., Schüffelgen, U., Jbabdi, S., Toni, I., & Rushworth, M. F. (2012). Connectivity-based subdivisions of the human right “temporoparietal junction area”: evidence for different areas participating in different cortical networks. *Cerebral cortex*, 22(8), 1894-1903.
- Martínez Sánchez, F. (1996). Adaptación española de la escala de Alexitimia de Toronto (TAS-20). *Clínica y Salud*.
- Mercadillo, R. E., Díaz, J. L., Pasaye, E. H., & Barrios, F. A. (2011). Perception of suffering and compassion experience: Brain gender disparities. *Brain and cognition*, 76(1), 5-14.
- Mestre, V., Samper, P., & Frias, D. (2004). Personalidad y contexto familiar como factores predictores de la disposición prosocial y antisocial de adolescentes. *Rev. latinoam. psicol*, 36(3), 445-457.
- Morrison, A. P., Turkington, D., Pyle, M., Spencer, H., Brabban, A., Dunn, G., ... & Hutton, P. (2014). Cognitive therapy for people with schizophrenia spectrum disorders not taking antipsychotic drugs: a single-blind randomised controlled trial. *The Lancet*.
- Morrison, A., Renton, J., Dunn, H., Williams, S., Bentall, P. of C. P. D. of P. S. R., & Bentall, R. (2004). *Cognitive Therapy for Psychosis: A Formulation-Based Approach*. Routledge.
- Moya-Albiol, L., Herrero, N., & Bernal, M. C. (2010). Bases neuronales de la empatía. *Rev Neurol*, 50(2), 89-100.

- Power, J. D., Barnes, K. A., Snyder, A. Z., Schlaggar, B. L., & Petersen, S. E. (2012). Spurious but systematic correlations in functional connectivity MRI networks arise from subject motion. *Neuroimage*, 59(3), 2142-2154.
- Preston, S. D., & De Waal, F. (2002). Empathy: Its ultimate and proximate bases. *Behavioral and brain sciences*, 25(01), 1-20.
- Rodríguez-Carvajal, R., Moreno-Jiménez, B., & Garrosa, E. (2006). Cuestionario de regulación emocional. Versión española. Autorizado por los autores de la versión original en inglés (Gross & John, 2003).
- Rogers, C. R. (1951). *Client-centered Therapy: Its Current Practice, Implications, and Theory, with Chapters*. Houghton Mifflin.
- Rogers, C. R. (1957). The necessary and sufficient conditions of therapeutic personality change. *Journal of consulting psychology*, 21(2), 95.
- Rogers, C. R. (1965). The therapeutic relationship: Recent theory and research. *Australian Journal of Psychology*, 17(2), 95-108.
- Runehov A. L. (2013). Theory of Mind. In *Encyclopedia of Sciences and Religions* (pp. 2263-2268). Springer Netherlands.
- Saxe, R., & Kanwisher, N. (2003). People thinking about thinking people: the role of the temporo-parietal junction in "theory of mind". *Neuroimage*, 19(4), 1835-1842.
- Seyfarth, R. M., & Cheney, D. L. (2013). Affiliation, empathy, and the origins of theory of mind. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(Supplement 2), 10349-10356.
- Shackman, A. J., Salomons, T. V., Slagter, H. A., Fox, A. S., Winter, J. J., & Davidson, R. J. (2011). The integration of negative affect, pain and cognitive control in the cingulate cortex. *Nature Reviews Neuroscience*, 12(3), 154-167.
- Smith, M. J., Schroeder, M. P., Abram, S. V., Goldman, M. B., Parrish, T. B., Wang, X., ... Breiter, H. C. (2014). Alterations in Brain Activation During Cognitive Empathy Are Related to Social Functioning in Schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin*, sbu023.doi:10.1093/schbul/sbu023
- Smith, S. M., & Nichols, T. E. (2009). Threshold-free cluster enhancement: addressing problems of smoothing, threshold dependence and localisation in cluster inference. *Neuroimage*, 44(1), 83-98.
- Spreng, R. N., & Grady, C. L. (2010). Patterns of brain activity supporting autobiographical memory, prospection, and theory of mind, and their relationship to the default mode network. *Journal of cognitive neuroscience*, 22(6), 1112-1123.

Taylor, V. A., Daneault, V., Grant, J., Scavone, G., Breton, E., Roffe-Vidal, S., ... Beauregard, M. (2012). Impact of meditation training on the default mode network during a restful state. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, nsr087. <http://doi.org/10.1093/scan/nsr087>

Tei, S., Becker, C., Kawada, R., Fujino, J., Jankowski, K. F., Sugihara, G., ... Takahashi, H. (2014). Can we predict burnout severity from empathy-related brain activity? *Translational Psychiatry*, 4(6), e393. <http://doi.org/10.1038/tp.2014.34>

Turkington, D., Kingdon, D., & Weiden, P. J. (2006). Cognitive Behavior Therapy for Schizophrenia. *American Journal of Psychiatry*, 163(3), 365–373. <http://doi.org/10.1176/appi.ajp.163.3.365>

Uleman, J. S., Adil Saribay, S., & Gonzalez, C. M. (2008). Spontaneous inferences, implicit impressions, and implicit theories. *Annu. Rev. Psychol.*, 59, 329-360.

Van Den Heuvel, M. P., & Hulshoff Pol, H. E. (2010). Exploring the brain network: a review on resting-state fMRI functional connectivity. *European Neuropsychopharmacology*, 20(8), 519-534.

Venables, W. N., & Smith, D. M. (2010). *the R Development Core Team.* (2008) *An Introduction to R.* Network Theory Limited, Bristol

Wager, T. D., Davidson, M. L., Hughes, B. L., Lindquist, M. A., & Ochsner, K. N. (2008). Prefrontal-subcortical pathways mediating successful emotion regulation. *Neuron*, 59(6), 1037-1050.

Wagner, J., Stephan, T., Kalla, R., Brückmann, H., Strupp, M., Brandt, T., & Jahn, K. (2008). Mind the bend: cerebral activations associated with mental imagery of walking along a curved path. *Experimental Brain Research*, 191(2), 247–255. <http://doi.org/10.1007/s00221-008-1520-8>

Yalom, I. D. (1980). *Existential psychotherapy.* Basic Books.

Yamada, M., Camerer, C. F., Fujie, S., Kato, M., Matsuda, T., Takano, H., ... Takahashi, H. (2012). Neural circuits in the brain that are activated when mitigating criminal sentences. *Nature Communications*, 3, 759. [doi:10.1038/ncomms1757](https://doi.org/10.1038/ncomms1757)

Zaki, J., & Ochsner, K. N. (2012). The neuroscience of empathy: progress, pitfalls and promise. *Nature neuroscience*, 15(5), 675-680.

Zaki, J., Weber, J., Bolger, N., & Ochsner, K. (2009). The neural bases of empathic accuracy. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(27), 11382-11387.

Zelazo, P. D., Carlson, S. M., & Kesek, A. (2008). The development of executive function in childhood.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.- Algunos correlatos neuronales de la empatía.	6
Figura 2.- Componentes de la Respuesta Empática.	11
Figura 3.- Diferentes regiones de la rTPJ en relación con sus diferentes asociaciones funcionales.	13
Figura 4.- Mecanismo de la activación emocional y regulación emocional	14
Figura 5.- a) Grosor de la ínsula anterior, correlacionado con un mayor uso de supresión expresiva (Tomado de Giuliani y col., 2011); b) Cluster AI/IFG	15
Figura 6.- Diagrama del proceso terapéutico propuesto por la TCP.	19
Figura 7.- Ejemplo de contrastes de conectividad funcional obtenida por rsfMRI	22
Figura 8.- Toma de Perspectiva en terapeutas y no-terapeutas. Se	28
Figura 9.- Gráfica de las medias obtenidas por los terapeutas y los no-terapeutas en el constructo de Supresión Expresiva.	29
Figura 10.- Correlaciones de Spearman entre la toma de perspectiva y las dos estrategias de regulación emocional.	30
Figura 11.- Contraste N>T. Conectividad Funcional de las semillas prTPJ (a )y pCC (b).	41
Figura 12.- Contraste N>T y T>N, de la conectividad Funcional de la semilla rTPJ_mTG.	42
Figura 13.- Contraste T>N. Conectividad Funcional de las semillas rTPJ_medTemp (a ) y AI/IFG (b).	44
Figura 14.- Diferencias del análisis de conectividad entre regiones de interés (ROIs).	49
Figura 1A.- Respuesta BOLD hipotética	60
Figura 2A.- Análisis de semilla.	62

## LISTA DE TABLAS

<i>Tabla.1 Medias poblacionales*</i>	27
<i>Tabla.2 Semillas usadas en este estudio.</i>	38
<i>Tabla.3 Resultados significativos de la prueba t de 10 Terapeutas y 10 No-terapeutas.</i>	39
<i>Tabla.4 Resultados del contraste No-terapeutas &gt; Terapeutas</i>	40
<i>Tabla.5 Resultados del contraste Terapeutas &gt; No-terapeutas</i>	43
<i>Tabla.1B Semillas usadas en el análisis de conectividad entre regiones de interés</i>	63

## APÉNDICE A

### A.1. Breve introducción a la *fMRI*

La imagen por resonancia magnética (IRM o en inglés *MRI* por *Magnetic Resonance Imaging*) es una técnica de imágenes utilizada principalmente en la práctica médica y en la investigación para producir imágenes de alta calidad del interior del cuerpo humano. La *MRI* se basa en los principios de resonancia magnética nuclear (RMN), una técnica espectroscópica que se emplea para obtener información química y física sobre las moléculas. Esto es gracias a las propiedades magnéticas dadas por el espín nuclear de los átomos, ya que gracias al espín y la carga eléctrica asociada a los protones se puede generar un campo magnético, el cual en algunos átomos puede ser afectado en la presencia de otro campo.

Al exponerse los átomos a un campo magnético potente, se alinean en dirección al campo (paralelo de menor energía) y en dirección contraria (antiparalelo de mayor energía), presentando siempre una ligera pero significativa diferencia de átomos en un estado paralelo. La suma vectorial de la diferencia de paralelos y antiparalelos resulta en el vector de magnetización longitudinal (eje z). Asimismo, ante la exposición de un campo magnético potente, los átomos empiezan a precesar en una misma frecuencia, si se emite una radiación electromagnética que oscile a la misma frecuencia de precesión de los átomos, estos serán capaces de absorber energía.

Dentro de la *MRI*, los espines que son afectados principalmente son los de los núcleos de hidrógeno, debido a que son los más abundantes, ya que son componentes principales en todos los tejidos, formando parte del 63% del organismo del ser humano (Hornak, 2010). Estos núcleos de hidrógeno al ser sometidos a un campo magnético de 3 Teslas de un resonador, precesan a 127.50 MHz. Al recibir un pulso electromagnético de la misma frecuencia se puede hacer pasar a los espines del eje longitudinal (eje z), al eje transversal (eje x, y), donde se encuentra la antena que recibe la señal del campo electromagnético generada por los espines. Además del pulso de radio frecuencia y del campo magnético principal, se aplican diferentes aumentos de campo magnético a través de diferentes bobinas, esto para generar gradientes en el campo magnético

dentro de los tres ejes. Tanto los gradientes como los pulsos de radiación, permiten generar secuencias de adquisición en donde, a través de la sincronización de las fases de precesión de los espín, se puede particionar la señal en secciones delimitadas compuestas por voxeles (pixel con volumen) y de esta manera construir la imagen (Huettel, Song, & McCarthy, 2008).

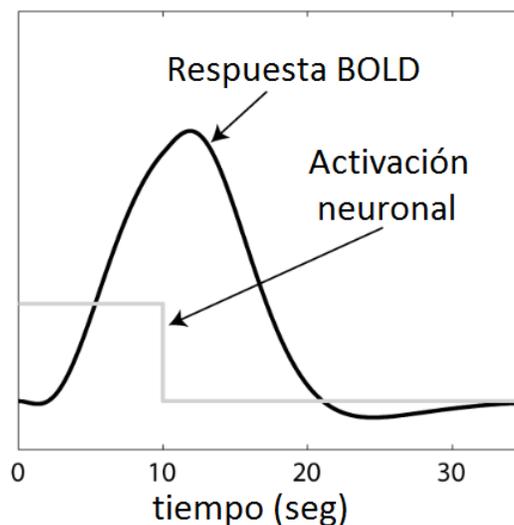
Estas secuencias requieren que los pulsos sean de forma repetida y en determinada temporalidad, a esta temporalidad se le denomina tiempo de repetición o TR. Manipulando la aplicación de los pulsos y los TR, se pueden generar diversos contrastes, que permiten diferenciar de maneras distintas a los diferentes tejidos o, como en el caso del cerebro, a la sustancia blanca, la sustancia gris y el líquido cefalorraquídeo. Un tipo de contraste muy usado es el contraste T2\*, esto es debido a su sensibilidad ante inhomogeneidades del campo magnético, puesto que permite registrar las variaciones de precesión de los espín de una locación a otra debidas a cambios generados en el campo magnético local. Un fenómeno fisiológico que produce este tipo de variaciones es el cambio de la cantidad local de sangre oxigenada. Este cambio es gracias a las propiedades paramagnéticas y diamagnéticas de la hemoglobina desoxigenada y oxigenada, respectivamente (Pauli & Coryel, 1936). El aumento de la hemoglobina oxigenada (oxihemoglobina) genera un incremento local en la intensidad de la señal y este puede ser registrado en la imagen de resonancia (Ogawa y col., 1992).

Por otra parte, la actividad neuronal incrementa el consumo energético de las células, generando que aquellas células que presentaron actividad necesiten un reabastecimiento de substratos, el cuerpo al detectar esta necesidad en forma de un aumento de hemoglobina desoxigenada, recurre a un incremento transitorio del flujo sanguíneo local. Como se menciono anteriormente, la *MRI* registra el incremento del flujo sanguíneo (oxihemoglobina), pudiendo de forma indirecta registrar la actividad neuronal. A este contraste en la imagen generado por el cambio de flujo sanguíneo se le denomina “contraste dependiente del nivel de oxigenación en la sangre” o *BOLD*<sup>6</sup> por sus siglas en inglés (Tank y col., 1992). En la *Figura 1A* se representa la señal de

---

<sup>6</sup>*Blood Oxygen Level Dependence*

respuesta al aumento de desoxihemoglobina o señal *BOLD*; como se puede observar, el sistema vascular genera una sobre compensación en la cantidad de oxihemoglobina que irriga hacia las áreas cerebrales activas, por lo que la señal *BOLD* llega a un pico mucho mayor al del nivel basal unos segundos después de la respuesta neuronal que provocó el evento. Seguido a este pico, la señal *BOLD* decae gradualmente hasta regresar a su línea base, unos 12 a 20 segundos después (Forstmann & Wagenmakers, 2015).



*Figura 1A.-Respuesta BOLD hipotética (curva negra) debida a una activación neuronal constante de 10 segundos (línea gris). Adaptado de Forstmann & Wagenmakers (2015).*

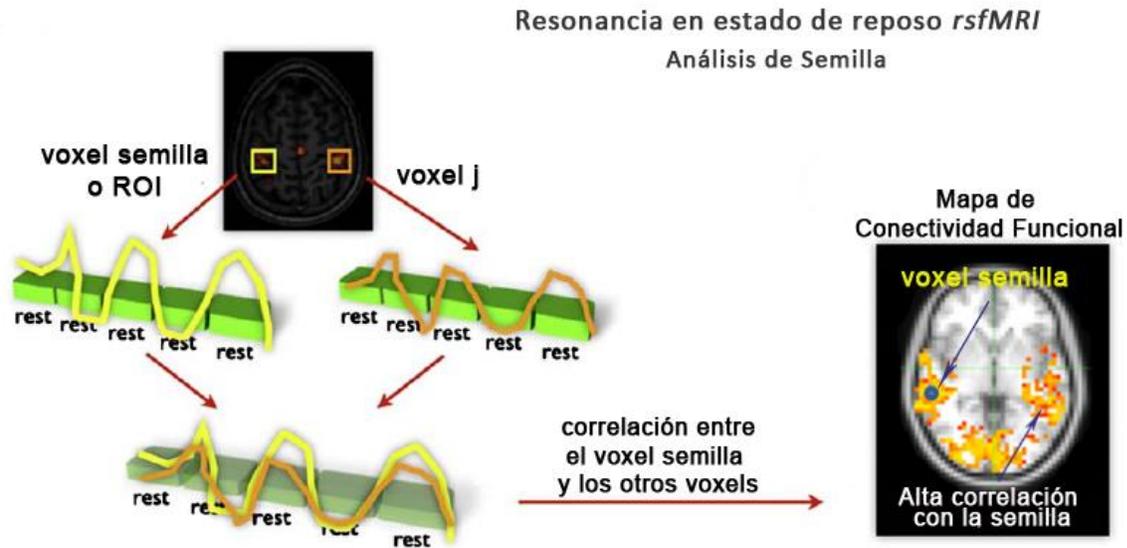
## **A.2. Conectividad funcional y estado de reposo**

Gracias a la imagen por resonancia magnética funcional, se empezaron a realizar diversos estudios tratando de localizar regiones específicas del cerebro que se activaran en la realización de tareas específicas o ante la presentación de diversos estímulos. De esta manera se pudieron ir asignando diferentes áreas del cerebro a diferentes acciones o respuestas; al mismo tiempo, el concepto introducido por Friston en 1994 de conectividad funcional fue tomando fuerza, este implicaba la integración entre áreas funcionalmente relacionadas y se define como la dependencia temporal entre eventos neurofisiológicos separados entre sí en el espacio.

Debido a estudios como el de McIntosh (1997), donde demostraron que las diferencias en los estados cognitivos iban acompañados no solo de patrones cambiantes en la activación, sino también de cambios en la coactivación y conectividad, se llegó a la noción de que la funcionalidad de ciertas áreas del cerebro era determinada en parte al patrón de activación y coactivación de todo el cerebro; apuntando así, a la probabilidad de que la comunicación funcional entre regiones cerebrales desempeñase un papel clave en procesos cognitivos complejos (Van Den Heuvel & Pol, 2010).

En los últimos años el desarrollo de nuevas técnicas y métodos de análisis ha permitido el examen de los patrones de conectividad funcional a escala cerebral global. En estos estudios, se ha examinado durante el reposo el nivel de coactivación entre series temporales funcionales de regiones cerebrales anatómicamente separadas, utilizando para ello la denominada *MRI* en estado de reposo o por sus siglas en inglés *rsMRI*, que se cree que refleja la comunicación funcional entre las regiones cerebrales (Biswal y col., 1995; Damoiseaux y col., 2006; Greicius y col., 2003; Salvador y col., 2005<sup>a</sup>, Alcauter y col., 2015).

Una de las maneras de analizar las series temporales obtenidas en los experimentos de *rsMRI*, es a través de un método de semilla o región de interés (ROI por sus siglas en inglés). Este método nos permite buscar la correlación de la serie temporal de una región cerebral seleccionada o ROI con las series temporales de todos los demás voxels del cerebro, produciendo con ello un mapa de conectividad funcional que define las conexiones funcionales de la región cerebral predefinida (*Figura. 2A*) (Biswal y col., 1997; Cordes y col., 2000; Jiang y col., 2004).



*Figura 2A.- Análisis de semilla. . Los estudios de fMRI en estado de reposo se centran en la medición de la correlación entre los patrones de activación espontáneos de distintas regiones cerebrales. Para examinar el nivel de conectividad funcional entre el vóxel de semilla seleccionado, y una segunda región cerebral (voxel j), las series temporales en estado de reposo del voxel de semilla se correlacionan con las series temporales en estado de reposo del voxel j. Una correlación elevada entre las series temporales del voxel semilla y el voxel j refleja un alto nivel de conectividad funcional entre esas regiones. Además, para buscar todas las conexiones funcionales de la región semilla elegida, pueden correlacionarse las series temporales del voxel semilla i con las de todos los demás voxels del cerebro (voxel-wise), para dar lugar a un mapa de conectividad funcional que refleja las regiones que muestran un nivel elevado de conectividad funcional con la región semilla (Tomado y Modificado de Van Den Heuvel & Pol, 2010).*

En resumen, los experimentos de *rsfMRI* se centran en el establecimiento de mapas de los canales de comunicación funcional entre las distintas regiones cerebrales, con el empleo de la medición del nivel de dinámica correlacionada de las series temporales de *fMRI* (Van Den Heuvel & Pol, 2010).

## APÉNDICE B

**Tabla.1B Semillas usadas en el análisis de conectividad entre regiones de interés.**

Núm	Nombre	Abreviación*	x	y	z	Estudio	Redes
1	Amígdala	<i>Amyg</i>	24	-2	-22	Kilpatrick y col., 2015	Red de Activación Emocional
2	Hipocampo (Modificado)	<i>Hippocampus</i>	30	-17	-22		
3	Corteza del Cíngulo Anterior subgenual	<i>sgACC</i>	2	28	-18		
4	Corteza del Cíngulo Anterior posterior	<i>pACC</i>	2	32	20		
5	Corteza Prefrontal medial	<i>mPFC</i>	16	54	6		
6	Corteza Prefrontal ventro lateral (Modificado)	<i>vIPFC</i>	28	38	-4		
7	Corteza Prefrontal dorso lateral	<i>dIPFC</i>	48	46	18		
8	Putamen derecho	<i>r Putamen</i>	34	-2	-2	Klimecki y col., 2012	Red de compasión
9	Globo Pálido izquierdo (Modificado)	<i>palido</i>	26	-10	6		
10	Globo Pálido izquierdo	<i>l g. Palido</i>	-22.9	5.9	1.1		
11	Área Ventral Tegmental / Sustancia Nigra	<i>VTA/SN</i>	8.8	-16.3	-12		
12	Corteza Prefrontal orbito medial	<i>moPFC</i>	12	38	2.73		
13	Campo Ocular Frontal izquierdo	<i>l FEF</i>	-29	-9	54	Raichle y col., 2011	Red dorsal atencional
14	Campo Ocular Frontal izquierdo	<i>r FEF</i>	29	-9	54		
15	Surco Parietal Inferior posterior izquierdo	<i>lp IPS</i>	-26	-66	48		
16	Surco Parietal Inferior posterior derecho	<i>rp IPS</i>	26	-66	48		
17	Surco Parietal Inferior anterior izquierdo (Modificado)	<i>la IPS</i>	-43	-38	45		
18	Surco Parietal Inferior anterior derecho (Modificado)	<i>ra IPS</i>	42	-38	45		
19	Giro medial temporal izquierdo	<i>l MT</i>	-50	-66	-6		
20	Giro medial temporal derecho	<i>r MT</i>	53	-63	-6	Fan y col., 2011	Red Base de la empatía
21	Ínsula Anterior / Giro Frontal Inferior derecho	<i>rAi/IFG</i>	38	24	-2		
22	Ínsula Anterior / Giro Frontal Inferior izquierdo	<i>lAi/IFG</i>	-42	18	0		
23	Corteza del Cíngulo Anterior medial (Modificado)	<i>mACC</i>	-2	24	40	Raichle y col., 2011	Red de Control Ejecutivo
24	Corteza Prefrontal dorso medial	<i>dm PFC</i>	0	24	26		
25	Corteza Prefrontal anterior izquierda	<i>la PFC</i>	-44	45	46		
26	Corteza Prefrontal anterior derecha	<i>ra PFC</i>	44	45	0		
27	Lóbulo Parietal Superior izquierdo (Modificado)	<i>l SP</i>	-50	-52	45		
28	Lóbulo Parietal Superior derecho (Modificado)	<i>r SP</i>	50	-52	45	Fox y col., 2005	Red por Defecto
29	Lóbulo Parietal izquierdo	<i>llp</i>	-46	-70	35		
30	Lóbulo Parietal derecho	<i>rlp</i>	46	-70	35		
31	Corteza del Cíngulo posterior	<i>pCC</i>	-5	-51	39		
32	Corteza Prefrontal medial	<i>mPFC</i>	-1	49	-5		

\*Las abreviaciones se presentan por sus siglas en inglés