



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

**CORRELATOS NEUROESTRUCTURALES DE LA RESPUESTA EMPÁTICA EN TERAPEUTAS**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA:

MARCOS ELISEO DOMÍNGUEZ ARRIOLA

TUTOR PRINCIPAL:

DR. FERNANDO ALEJANDRO BARRIOS ÁLVAREZ  
INSTITUTO DE NEUROBIOLOGÍA

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:

DR. EDUARDO ADRIÁN GARZA VILLARREAL

DR. ISRAEL VACA PALOMARES

MAESTRÍA EN CIENCIAS (NEUROBIOLOGÍA)

QUERÉTARO, MÉXICO, MAYO DE 2021



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

La capacidad empática ha demostrado estar asociada con variaciones estructurales del cerebro, como la morfometría basada en vóxeles (MBV) y el grosor cortical (GC). Aquí la empatía se operativiza en términos de un modelo tripartito de la respuesta empática que implica de manera crucial un componente de autorregulación emocional. Los psicoterapeutas tienen una mayor presión para modular constantemente su respuesta empática; por lo tanto, en este estudio comparamos el grosor cortical entre un grupo de psicoterapeutas y un grupo control en regiones cerebrales prefrontales y cinguladas, e investigamos cómo esto se correlaciona con sus habilidades empáticas. Dieciocho psicoterapeutas y dieciocho controles completaron una sesión de imagenología por resonancia magnética (IRM) de 3 Tesla e hicieron una serie de evaluaciones psicométricas relacionadas con la respuesta empática. Se estimaron las medidas de MBV y GC para cada participante. Se evaluó cómo estas medidas diferían entre los grupos, y si estaban asociadas, en una serie de regiones de interés, con las diferencias individuales en las habilidades de procesamiento social, según se desprende de las puntuaciones psicométricas. Nuestro análisis pone de manifiesto que los psicoterapeutas muestran un GC significativamente mayor en una región de la corteza prefrontal dorsolateral izquierda (CPFdl) ( $p < 0,05$ ; corregido por FDR). Además, el GC de los psicoterapeutas en esta región está correlacionado con la tendencia a sentirse empáticamente preocupados por los y las demás ( $p < 0,01$ ; corregido por FDR). Esta región de la CPFdl izquierda participa decisivamente en los componentes cognitivos de la respuesta empática, como la regulación emocional y los procesos de toma de perspectiva. Así pues, nuestros hallazgos apuntalan el hecho de que la capacidad empática se ve reflejada en variaciones estructurales del cerebro, estudiando a una muestra de sujetos para los que la respuesta empática es crucial en su profesión.

## **Abstract**

Empathic capacity has been shown to be correlated with brain structural variations, such as voxel based morphometry (VBM) and cortical thickness (CT). Here empathy is operationalized in terms of a tripartite model of the empathic response, which crucially involves an emotional self-regulation component. Psychotherapists have an increased pressure to constantly modulate their empathic response; hence, in this study we compared cortical thickness between a group of psychotherapists and a control group at prefrontal and cingulate brain regions, and investigated how this is correlated with their empathic skills. Eighteen psychotherapists and eighteen healthy controls underwent 3-Tesla MRI scanning and completed empathy-related psychometric assessments. VBM and CT measures were estimated for each participant. We evaluated how these measures differed between groups, and if they were associated, at a series of regions of interest, with individual differences in social processing skills as yielded by psychometric scores. Our analysis shows that psychotherapists display a significantly greater CT at a region in the left dorsolateral prefrontal cortex (dlPFC) ( $p < 0.05$ , FDR corrected). Moreover, psychotherapists' CT in this region is correlated with the tendency to feel empathically concerned for others ( $p < 0.01$ ; FDR corrected). This left dlPFC region participates decisively in the cognitive components of the empathic response, such as emotion regulation and perspective-taking processes. Thus, our findings support the fact that empathic capacity is reflected by brain structural variations while studying a sample of subjects for whom empathic responding is crucial in their profession.

## **Agradecimientos**

A la Universidad Nacional Autónoma de México y al programa de Maestría en Ciencias (Neurobiología). Gracias al personal directivo y administrativo, así como al comité de admisión por permitirme cursar este programa.

Gracias a CONACyT por haberme otorgado una beca para poder realizar mis estudios de maestría (Apoyo 747953; CVU 1003294). Gracias asimismo a Nuri Aranda por toda su atención y apoyo durante los difíciles períodos de trámites aparatosos.

Quisiera empezar por agradecer con mucha admiración y reconocimiento al Dr. Fernando Barrios; gracias por haberme abierto las puertas a este fantástico grupo y haber tenido la confianza de permitirme llevar a cabo el presente proyecto de investigación. Fui muy afortunado de haber contado con su confianza y apoyo constantes. Infinitas gracias también al Dr. Eduardo Garza; gracias por involucrarse tanto en el proyecto y haberme orientado durante la mayor parte del mismo. Gracias por las pacientes correcciones durante los análisis y la redacción de nuestro manuscrito. Quiero agradecer también al Dr. Israel Vaca; muchas gracias por todos los buenos consejos y preguntas, así como por haberme orientado en la escritura de la tesis.

También quiero agradecer muy especialmente a Víctor Olalde; muchas gracias por compartir conmigo tus datos, tu conocimiento y experiencia, y por haber dedicado tanto tiempo a orientarme y haberme ayudado tan concienzudamente cuando empezaba a aprender sobre este proyecto y las herramientas computacionales que utilizamos. Como estudiante de doctorado, espero poder seguir tu ejemplo y apoyar a alguien más como tú me apoyaste a mí a lo largo de mi maestría.

Infinitas gracias a todos los miembros del grupo de investigación. Gracias a Leopoldo González (por su incondicionalidad para ayudar), Diego Ramírez (con especial mención a sus acertadas observaciones al inicio de mi proyecto), Canek Llera, Isaac Reyes, Enrique Chiu, Arun Garimella, Zeus Gracia, y Lluviana Rodríguez. Quiero agradecer especialmente también al Dr. Sarael Alcauter; gracias por la disponibilidad y el apoyo que me ha ofrecido. Yéndome unos años más para atrás, quiero agradecer a la Dra. Livia Sánchez Carrasco (que me recibió en su laboratorio para una estancia en 2017) y a su entonces alumna Guadalupe Bautista Rodríguez (a.k.a. Lupita) por hacer crecer en mí el gusto por la investigación y el entusiasmo por este programa de maestría que ahora, cuatro años después, estoy concluyendo. Y gracias a Shamir, Paula, y Daniel por compartir esa experiencia conmigo.

Quiero agradecer de todo corazón a mis demás amigos (y roomies) de la maestría: Fernando Pérez, David Cortés, Alejandra Díaz, Alejandra Parra, Alejandra López, Rodrigo Arellano, Ana Luisa Ocampo, Felisa Barrera, y Clara Villegas. Ha sido un gran placer compartir estos años y estas experiencias con ustedes, y espero que nuestra amistad perdure para siempre.

Por supuesto también quiero agradecer enormemente a mi familia. Amaya Arriola, por tu incondicional apoyo, asertivos consejos, y el siempre haber podido contar contigo. Muchísimas gracias a mis abuelos Martine Ponsin y Luis Arriola, por todo el cariño e inspirarme a hacer siempre lo mejor que pudiera. Gracias igualmente a mi tío Stephane Arriola; me dio gusto que pudiéramos compartir la experiencia de la maestría de forma casi paralela. Finalmente, quiero agradecer a Jesús Nagore, por todo el apoyo que siempre me ofreciste.

Muchas gracias a mi amigo Álvaro Petersen; gracias por no perder nunca el contacto, mantenerme al tanto de tus proyectos, e inspirarme a esforzarme tanto y tan desinteresadamente como tú lo haces. Gracias a Mark, Viri, Alan, Tere, Sam, Gera, y Rafa, por estar siempre por ahí, al alcance.

Gracias infinitas a Itsue Nakaya; gracias por el tiempo y por la filosofía. Gracias por compartir conmigo un cacho de vida.

Finalmente, gracias Tomasito.

## Lista de abreviaturas

|                   |   |  |
|-------------------|---|--|
| ANTs              | - | <i>Advanced Normalization Tools</i>  |
| BNA               | - | <i>Human Brainnetome Atlas</i>   |
| CAT12             | - | <i>Computational Anatomy Toolbox 12</i>  |
| CCAd              | - | Corteza cingulada anterior dorsal  |
| CCAv              | - | Corteza cingulada anterior ventral   |
| CCP               | - | Corteza cingulada posterior  |
| CPFdl             | - | Corteza prefrontal dorsolateral  |
| CPFdm             | - | Corteza prefrontal dorsomedial   |
| CPFm              | - | Corteza prefrontal medial  |
| CPFrm             | - | Corteza prefrontal rostromedial  |
| CPFvm             | - | Corteza prefrontal ventromedial  |
| CPFvl             | - | Corteza prefrontal ventrolateral   |
| CPMd              | - | Corteza premotora dorsal   |
| DARTEL            | - | <i>Diffeomorphic Anatomical Registration Through Exponentiated Lie Algebra</i> |
| ERQ               | - | <i>Emotion Regulation Questionnaire</i> / Cuestionario de regulación emocional |
| FDR               | - | <i>False discovery rate</i>  |
| FWE               | - | <i>Family-Wise Error</i>   |
| GA                | - | Giro angular   |
| GC                | - | Grosor cortical  |
| GSM               | - | Giro supramarginal   |
| GTM               | - | Giro temporal medio  |
| GTS               | - | Giro temporal superior   |
| HPA               | - | Hipótesis de percepción-acción   |
| IA                | - | Ínsula anterior  |
| ICBM              | - | <i>International Consortium of Brain Mapping</i>                               |
| IRI               | - | <i>Interpersonal Reactivity Index</i>  |
| IRM               | - | Imagenología por resonancia magnética  |
| IRMe              | - | Imagenología por resonancia magnética estructural                              |
| IRMf              | - | Imagenología por resonancia magnética funcional                                |
| LPI               | - | Lóbulo parietal inferior   |
| LPS               | - | Lóbulo parietal superior   |
| MBD               | - | Morfometría basada en deformación  |
| MNI               | - | Montreal Neurological Institute  |
| MPA               | - | Mecanismo de percepción-acción   |
| MVB               | - | Morfometría basada en voxels   |
| PAF               | - | Patrón de acción fijo  |
| SPM               | - | <i>Standard Parametric Mapping</i>   |
| STS               | - | Surco temporal superior  |
| TAS-20            | - | Escala de Alexitimia de Toronto  |
| TECA              | - | Test de Empatía Cognitiva y Afectiva   |
| $t_{\text{link}}$ | - | Distancia vinculada ( <i>linked distance</i> )                                 |
| ToM               | - | Teoría de la mente   |
| UTP               | - | Unión temporoparietal  |
| VIT               | - | Volumen Intracraneal Total   |

## Índice

|  |    |
|--|----|
| Introducción .....   | 8  |
| 1. Antecedentes .....  | 10 |
| 1.1. Emoción y regulación emocional .....  | 10 |
| 1.2. Empatía y la respuesta empática como una instancia de regulación emocional .....                        | 16 |
| 1.2.1. Empatía afectiva y cognitiva .....  | 25 |
| 1.2.2. Medición conductual de la respuesta empática .....  | 28 |
| 1.3. La respuesta empática en psicoterapia .....   | 31 |
| 1.4. Métodos de estudio de neuroanatomía con imagenología por resonancia magnética .....                     | 33 |
| 1.4.1. Morfometría basada en voxeles .....   | 33 |
| 1.4.2. Grosor cortical .....   | 35 |
| 1.4.3. Caracterización anatómica de la respuesta empática con imagenología por resonancia magnética .....    | 37 |
| 2. Justificación .....   | 38 |
| 3. Metodología .....   | 39 |
| 3.1. Hipótesis .....   | 39 |
| 3.2. Objetivos .....   | 40 |
| 3.3. Participantes .....   | 41 |
| 3.4. Adquisición de imágenes .....   | 42 |
| 3.5. Preprocesamiento .....  | 42 |
| 3.6. Morfometría basada en voxeles .....   | 44 |
| 3.7. Grosor cortical .....   | 45 |
| 4. Resultados .....  | 48 |
| 5. Discusión .....   | 52 |
| 5.1. El papel de la CPFdl en la regulación emocional .....   | 53 |
| 5.2. El nivel de preocupación empática se asocia con el grosor cortical de la CPFdl en psicoterapeutas ..... | 55 |
| 5.3. Limitaciones y direcciones de investigación futuras .....   | 56 |
| 6. Conclusión .....  | 57 |
| Apéndice 1: Guía metodológica .....  | 59 |
| Apéndice 2: Resultados en FreeSurfer .....   | 60 |
| Referencias .....  | 62 |



## Introducción

Supongo que la mayoría estaríamos de acuerdo en que, desde el sentido común, el concepto de *empatía* parece referirse a lo mismo que hacemos cuando “nos ponemos en los zapatos del otro” para entender cómo se siente. Es notable que a pesar de que el origen de este término no radica en la psicología popular, sino en la filosofía estética de hace más de un siglo, ha conservado un significado muy parecido al original: Llevar a cabo una suerte de simulación mental del estado emocional de otro agente—léase persona, animal, u objeto inanimado al que es posible atribuir estados mentales (Lipps, 1903; Stueber, 2019). Actualmente, sigue siendo un tema de interés para la filosofía de la mente, pero especialmente (y esperemos que en colaboración con la filosofía) para la neurociencia social (Grande-García, 2009).

En efecto, gracias a los esfuerzos de esta ciencia en las últimas décadas del siglo XX y el advenimiento de técnicas de análisis con imagenología por resonancia magnética (IRM) cada vez más sofisticadas, la empatía no sólo ha merecido su estatus como un tipo natural (es decir, un conjunto ontológicamente real; ver Boyd, 1999) digno de atento análisis científico, sino que también ha probado englobar a una miríada de procesos mentales filogenéticamente antiguos—y funcionalmente integrados—que, de hecho, mucho tienen que ver con “ponerse en los zapatos del otro” (Preston & De Waal, 2002; Stueber, 2019).

Este escrito se ocupará de describir esto detalladamente, pero el objetivo es en realidad dar cuenta de la *respuesta empática*. Esta es una respuesta que surge a partir de la antedicha miríada de fenómenos por los que entendemos cómo se sienten las y los demás, pero también rinde cuentas a la necesidad que tenemos de monitorear y modular nuestro propio estado emocional para *responder* empáticamente de forma efectiva y ser capaces de generar el tipo de dinámicas sociales y proporcionar la ayuda que las condiciones inmediatas—e incluso las no tan inmediatas—requieren (Decety, 2011). Particularmente, este escrito se ocupa de la condición en la que se desempeñan muchos psicoterapeutas: Condición que exige una modulación constante y efectiva de la propia respuesta empática (Prikhidko & Swank, 2018).

El primer apartado de este trabajo está constituido por los antecedentes del estudio realizado. Aquí, la primera parte es acerca de las emociones y cómo las regulamos. Se describen someramente algunos

acercamientos que han tenido distintos autores para definir el concepto de *emoción* y se describe una teoría de cómo los humanos regulamos nuestras emociones; en particular, el objetivo de esta sección es traer al escenario la modulación emocional para, acto siguiente, postular a la respuesta empática como una instancia de regulación emocional. Así, la segunda parte de los antecedentes se encarga de dar cuenta de los conceptos de *empatía* y *respuesta empática*, así como de un conjunto de modelos contemporáneos de las mismas. Especial énfasis se le otorga al final al modelo integrador de Decety (2011) que da cuenta de la regulación emocional como un componente crucial de la respuesta empática efectiva. Aquí será importante persuadir de que en la respuesta empática se da una instancia particular de regulación emocional. En la tercera parte se concreta la incorporación de la respuesta empática en el proceso psicoterapéutico; además, se hace una descripción del concepto de *alianza* psicoterapéutica y de cómo está íntimamente ligado a la respuesta empática. Finalmente, se describen las técnicas de IRM con las que es posible estudiar la neuroanatomía del cerebro y cómo podemos estudiar sus capacidades plásticas relacionadas con variables externas y diferencias individuales. Este paso es importante para, subsecuentemente, dar cuenta de las investigaciones llevadas a cabo con estas técnicas en torno a la respuesta empática.

El segundo apartado de este trabajo es una breve justificación del estudio que constituye el núcleo de este trabajo; estudio realizado para dar cuenta de las posibles variaciones neuroestructurales en un grupo de psicoterapeutas, con respecto a un grupo control, y evaluar cómo dichas variaciones podrían correlacionarse con las capacidades empáticas de los psicoterapeutas. Así, en el tercer apartado comienza la descripción del mismo, proporcionando sus especificaciones metodológicas. En el cuarto apartado están plasmados los resultados de esta investigación, y en el quinto estos se discuten en el marco de la bibliografía revisada en los antecedentes. Finalmente, se ofrece una conclusión concisa sobre los resultados de la investigación, y un apéndice que provee un panorama metodológico mucho más profundo y en un formato distinto del que este escrito posibilita.

## 1. Antecedentes

### 1.1. Emoción y regulación emocional

Desde el sentido común parecemos tener una idea clara de qué es una emoción. O al menos creemos poder distinguir aquello que es una emoción de aquello que no lo es. En esencia esta teoría del sentido común entiende a las emociones como una clase de sensaciones—subjetivas—que se diferencian por sus cualidades percibidas de otras sensaciones (Scarantino & de Sousa, 2018). No obstante, ya que en la investigación científica es importante formalizar una definición de aquello que se pretende estudiar, quienes se han dedicado a estudiar las emociones se han visto forzados a repensar su objeto de estudio. Joseph LeDoux (1998), por ejemplo, ha postulado que el concepto de *emoción* no refiere a nada concreto; más bien, se trata de una “etiqueta” útil para hablar de un conjunto heterogéneo de funciones del sistema nervioso. No existe un módulo en el cerebro dedicado a la emoción, sino que este término refiere a funciones que dependen de distintos sistemas neurales. Más recientemente, ha definido a las emociones como respuestas cognitivas y conductuales automáticas y mayormente inconscientes, que suceden cuando un estímulo significativo positivo o negativo es detectado por el cerebro (LeDoux & Damasio, 2013).

No necesariamente en contradicción con lo anterior, hay autores que defienden la postura de que los seres humanos (y otros animales, especialmente mamíferos) nacen con un conjunto de emociones básicas, producto de su historia evolutiva, que lo que tienen en común es que contienen un componente afectivo—esto es, que tiene para el organismo una valencia positiva o negativa—y que desencadenan una respuesta rápida a estímulos con cierto estatus ecológico (Ekman, 2003; Izard, 2007; Izard, 2009). Por ejemplo, en el modelo propuesto por Izard (2007) las emociones básicas de interés, alegría, tristeza, enojo, disgusto y miedo poseen los criterios necesarios para poder ser considerados tipos naturales (es decir, fenómenos dados por la naturaleza más bien que por aspectos humanos culturales o individuales). En este modelo el acceso consciente (en menor o mayor medida) es un componente inherente a las emociones, como un mecanismo organizativo de la información que es dinámico; sin embargo, que haya acceso consciente no implica que este contenido sea necesariamente etiquetado e influido por el sistema semántico en el caso de los humanos (Izard, 2009).

Otro grupo de autores, de corte constructivista más bien radical, se opone a conceder que existan emociones como tipos naturales. Un modelo representativo de esta postura es el de Barret *et al.* (2007). Este modelo postula que un mecanismo de *afecto central*—una suerte de barómetro

psicofisiológico—está monitoreando continuamente la valencia de los estímulos que encuentra el organismo y que, para que tenga lugar una experiencia emocional (como una emoción), este afecto debe coincidir con la percepción de significados en el entorno y dependerá también del conocimiento conceptual que el sujeto tiene sobre las emociones. Esta dependencia del sistema semántico es lo que daría cuenta de la amplitud del repertorio individual de estados emocionales y de las diferencias entre diferentes grupos y culturas (Barret *et al.*, 2007). Izard (2009), de hecho, también busca dar cuenta de estos aspectos mediante lo que él llama *esquemas emocionales*; con esto se refiere a estados afectivos que surgen de la interacción entre alguna de las emociones básicas y contenidos perceptivos y semánticos de alto orden, individuales o culturales, que pueden estereotiparse en el individuo pero que, como tal, no constituyen tipos naturales.

Como puede verse, las posturas expuestas hasta este punto difieren con respecto a sus niveles de reduccionismo y construccionismo, y el debate fundamental gira en torno a la existencia de emociones básicas. No obstante, todos los contendientes parecen coincidir en que las emociones existen, al menos en primera instancia, como una respuesta neurofisiológica a estímulos relevantes del entorno—que son percibidos con una valencia positiva o negativa—y que pueden complejizarse por el involucramiento del sistema semántico y el grado de acceso consciente. Para fines de este trabajo, esto es suficiente. Ya que se estará hablando de las emociones en el contexto de las relaciones humanas y, más particularmente, en el consultorio de psicoterapia, concédase que el acceso consciente y el entramado semántico en las emociones estarán siempre presentes.

A pesar de la utilidad de las emociones para el desenvolvimiento en el mundo y las interacciones sociales, en ocasiones las emociones pueden hacer más daño que beneficio, en particular cuando son del tipo, la intensidad, y duración inapropiadas (Gross, 2014) y, especialmente, cuando se es psicoterapeuta y se está interactuando con un paciente (Prikhidko & Swank, 2018). En estos casos las personas—y en particular los psicoterapeutas—tienden a buscar *regular* su estado emocional.

Ampliamente definida, la regulación emocional consiste en el moldeamiento de las emociones; en intentar influir en cuáles emociones se experimentan o expresan, así como en cuándo y cómo sucede (Gross, 2014). Desde golpear una pared hasta inscribirse en un retiro de meditación, son muchas las formas que puede adoptar la regulación emocional; no obstante, es posible distinguir sus mecanismos en varias dimensiones. Primero, Gross (2014) resalta la distinción entre la regulación emocional

intrínseca y la extrínseca, donde la primera se refiere a la modulación<sup>1</sup> de las propias emociones y la segunda al intento de modular las emociones de alguien más. Ambos son fenómenos que regularmente suceden en el consultorio de psicoterapia clínica (con excepción quizá de algunos tipos de psicoanálisis donde el o la terapeuta no interviene en la respuesta emocional de sus pacientes). En el contexto de la psicoterapia, al mismo tiempo que el o la psicoterapeuta busca implementar estrategias para modular el estado emocional de sus pacientes (por ejemplo, invitándolos a reinterpretar la situación o regulando su respuesta conductual) (Reeck *et al.*, 2016; Xie *et al.*, 2016) también debe modular su propia respuesta emocional (Prihidko & Swank, 2018). Así, ambos son procesos que adquieren un estatus de importancia en el consultorio de psicoterapia; no obstante, dado el enfoque del presente estudio, cuando hable de regulación—o modulación—emocional me referiré exclusivamente a la regulación intrínseca a menos que expresamente haga referencia a la de tipo extrínseco.

Ahora bien, también es posible distinguir entre la regulación emocional explícita e implícita (Etkin *et al.*, 2015; Gross, 2014; Gyurak *et al.*, 2011). La regulación explícita requiere de un esfuerzo consciente para su iniciación, así como cierto grado de monitoreo continuo de la emoción (Etkin *et al.*, 2015; Gyurak *et al.*, 2011). Un ejemplo paradigmático y comúnmente estudiado en las neurociencias es el de la *reevaluación* cognitiva, que consiste en la reinterpretación explícita de un estímulo o situación, de tal forma que se altere su impacto emocional en el individuo (Etkin *et al.*, 2015; Kohn *et al.*, 2014). La regulación emocional implícita, por su parte, se caracteriza por ser más bien automática y no requerir de un esfuerzo ni acceso consciente (Etkin *et al.*, 2015; Gross, 2014; Gyurak *et al.*, 2011). Gross (2014) recomienda reconocer un continuo entre la regulación emocional explícita—consciente, esforzada—e implícita—automática, inconsciente, sin esfuerzo—dentro del cual pueden encontrarse en diferentes puntos una miríada de instancias de regulación emocional. Esto es, un mecanismo de regulación emocional no necesariamente pertenece exclusivamente a una de las dos categorías, sino que puede caer en un punto del medio de este continuo o, incluso, en distintos puntos de acuerdo a la situación específica en que es implementado.

Para demostrar lo anterior, tómese como ejemplo el mecanismo de *supresión expresiva*, que consiste en la modificación de la respuesta conductual o fisiológica a un estímulo con carga afectiva (Dörfel *et al.*, 2014; Gross, 2014; Vrtička *et al.*, 2011). Primero, para mostrar el hecho más evidente de que la supresión expresiva puede caer en el extremo del continuo de lo explícito y consciente, hágase el simple experimento mental de imaginarse recibiendo una terrible noticia familiar en medio de una junta

---

<sup>1</sup> entiéndase *modulación* como sinónimo de *regulación*.

de trabajo; uno quiere llorar y correr pero probablemente suprime estas formas de expresión emocional al menos hasta salir de la sala de juntas. Para mostrar lo opuesto, que la supresión expresiva puede encontrarse también en el extremo del continuo de lo implícito e inconsciente, podría recurrirse a un estudio clásico de Ekman *et al.* (1972). Aquí ellos demostraron que estudiantes japoneses, en contraste con estudiantes estadounidenses, tendían a suprimir sus expresiones faciales emocionales en presencia de una autoridad con una rapidez y automaticidad que volvían al fenómeno poco menos que indetectable (Ekman, 1972; Mallon, 2016). Este ejemplo existe entre una colección de otros más enmarcados por la teoría de las “reglas de exhibición”<sup>2</sup>, de acuerdo a la cual ciertas reglas culturales logran modificar la expresión emocional individual de manera automática y sin acceso consciente, sobreponiéndose incluso a predisposiciones innatas (Griffits, 1997; Mallon, 2016).

Finalmente, la otra dimensión en la que es posible distinguir entre mecanismos y estrategias de regulación tiene que ver con el momento de la respuesta emocional en el que se implementan (Gross 1998; 2001). De acuerdo a este modelo, pueden identificarse cinco familias de estrategias de regulación emocional (ver Figura 1):

- a) Selección de la situación, de tal forma que se evitan situaciones que puedan provocar ciertos estados afectivos;
- b) Modificación de la situación, que consiste en alterar intencionalmente la situación que provoca ciertos estados afectivos;
- c) Redistribución atencional, tal que un sujeto puede modular el impacto que el estímulo con carga emocional pueda tener, focalizando la atención en diferentes aspectos del mismo;
- d) Cambio cognitivo, esto es, seleccionar cuál de los posibles significados atribuir al aspecto con carga afectiva del estímulo (aquí se incluye la estrategia de *reevaluación cognitiva*); y
- e) Modulación de la respuesta, a saber, influir en la respuesta emocional una vez que está ya en curso (por ejemplo, por *supresión expresiva*). (Gross, 1998; 2001; 2002)

---

<sup>2</sup> del inglés *display rules*

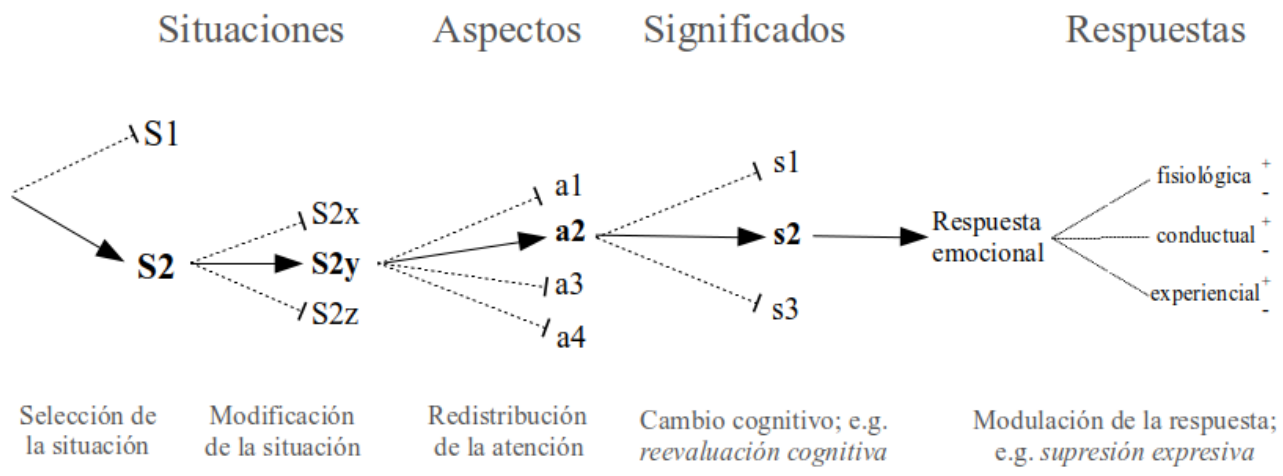


Figura 1. De acuerdo a este modelo, estrategias de regulación emocional pueden ser implementadas en diferentes momentos del proceso generativo de la emoción. El número de alternativas mostradas en cada punto de este esquema es arbitrario. La progresión en negritas puede constituir un ejemplo de puesta en escena de una serie de mecanismos regulatorios. Adaptación de Gross (1998; 2001)

Hasta el momento de este escrito no parece haber literatura académica que específicamente explore el papel que juega este modelo en el consultorio psicoterapéutico; sin embargo, creo que es posible hacer algunas suposiciones. Primero, que la selección de la situación podría tratarse simplemente de a) el paciente eligiendo a un o una psicoterapeuta, b) cómo el o la psicoterapeuta arregla su consultorio, y c) que un o una psicoterapeuta decida aceptar a un o una paciente o bien, si referirla con otro psicoterapeuta u otro tipo de especialista de la salud<sup>3</sup>. Segundo, que cada tipo de psicoterapia podría tener sus propias reglas sobre la medida en que el o la psicoterapeuta tiene la flexibilidad de modificar la situación, como la posición en la que están sentados o la implementación de alguna técnica terapéutica (p.ej. la silla vacía en Gestalt) (Brownell, 2010; Muntigl *et al.*, 2010), con el fin de modular las emociones de ambas partes. En tercer lugar, el o la psicoterapeuta, mientras que tiene que centrar su atención en sus pacientes—y no en una pintura en la pared u otro aspecto de la situación—, probablemente intentará que su paciente dirija su atención hacia determinados aspectos de su propia experiencia emocional (Butler *et al.*, 2018; Wadlinger *et al.*, 2011).

<sup>3</sup> Agradezco a la Dra. Susana Castro por esta intuición.

Las últimas dos familias de estrategias de regulación emocional son las que más interesan para fines de este trabajo, pues es mediante estas que el o la psicoterapeuta tiene que buscar modular su propia experiencia emocional (Pletzer *et al.*, 2015). Existe evidencia de que la modulación emocional por *reevaluación cognitiva* y por *supresión expresiva* resultan en diferentes consecuencias afectivas, cognitivas y sociales (Gross, 2002). Primero, con respecto a sus consecuencias afectivas, en Gross (2002) se argumenta que como la reevaluación cognitiva cambia completamente la trayectoria de la respuesta emocional, esta puede resultar en una menor activación fisiológica, conductual y experiencial. Mientras que, por su parte, con la supresión expresiva sólo se busca inhibir la conducta expresiva y, por lo tanto, no reduce la respuesta afectiva—en términos de activación fisiológica, conductual y experiencial—e, incluso, puede incrementar la respuesta fisiológica como resultado del esfuerzo inhibitorio.

En segundo lugar, Gross (2002) da cuenta de las consecuencias cognitivas de estas estrategias regulatorias. La supresión expresiva, como forma de regulación que requiere un constante monitoreo del propio estado interno y la constante aplicación de estrategias correctivas de la conducta, requiere un despliegue continuo de recursos cognitivos. Una consecuencia de esto es que posiblemente llega a depletar procesos de control inhibitorio y atencional del sujeto, reduciendo así su disponibilidad para codificar—y por lo tanto, recordar—información de la situación externa inmediata<sup>4</sup>. Resultados experimentales de su mismo grupo han demostrado que esta falla cognitiva sucede independientemente del nivel de carga afectiva de los estímulos, sugiriendo que la mera utilización de esta estrategia regulatoria tiende a tener consecuencias cognitivas similares en situaciones con menor o mayor carga emocional (Richards & Gross, 2000). Respaldo por el mismo tipo de evidencia experimental, James Gross afirma que la estrategia de reevaluación cognitiva, al contrario que la otra, es implementada en las primeras etapas del proceso generativo de la emoción y por lo tanto no requiere un esfuerzo regulatorio constante. El resultado es un menor consumo de recursos cognitivos durante el evento emocional y que la capacidad de memoria permanece intacta (Gross, 2002; Richards & Gross, 2000).

Finalmente, queda elaborar en las consecuencias sociales de estas estrategias de regulación emocional. Nuevamente partiendo del hecho de que el monitoreo continuo que requiere la supresión expresiva es perjudicial para la capacidad cognitiva del individuo en otros aspectos de la situación inmediata, se sigue que quien regula así su respuesta emocional tendrá menos recursos disponibles para responder adecuadamente a las señales emocionales de su interlocutor o interlocutora. La reevaluación cognitiva,

---

<sup>4</sup> Agradezco a la Dra. Susana Castro por ayudarme a entender este punto.



al no tener este tipo de consecuencias detrimentales, resulta más positiva en comparación con la otra estrategia (Gross, 2002). Además, se ha demostrado que la carencia de respuestas emocionales apropiadas durante la supresión expresiva resulta en una mayor reactividad fisiológica—o estrés—en su interlocutor o interlocutora (Butler *et al.*, 2003; Gross, 2002). Vale la pena destacar que la intensidad de esto último parece poder estar mediado por diferencias culturales (Butler *et al.*, 2007).

En el capítulo tres de esta tesis se explorará el tipo de estrategias de regulación emocional que utilizan más frecuentemente los psicoterapeutas en el contexto de su respuesta empática. Antes de eso, no obstante, es importante describir cómo una instancia representativa de la regulación emocional es la respuesta empática, y cómo es esta a la que deben recurrir constantemente los y las profesionales de la psicoterapia<sup>5</sup>. De eso se ocupará el capítulo dos, no sin antes dar cuenta del concepto de empatía de manera más amplia.

## **1.2. Empatía y la respuesta empática como instancia de regulación emocional**

La noción del fenómeno que hoy conocemos como empatía ha estado presente en la filosofía y psicología desde hace algunos cientos de años, especialmente en la tradición fenomenológica, en los escritos de David Hume y en las investigaciones del psicólogo Adam Smith (Stueber, 2019). En 1903 el filósofo estético alemán Theodore Lipps acuñó el concepto *Einfühlung*<sup>6</sup>, refiriéndose al fenómeno de que nuestro encuentro con entidades externas desencadena ciertos procesos internos que dan lugar a experiencias similares a las que tenemos cuando realizamos ciertas actividades con el cuerpo; y automáticamente proyectamos estas experiencias a la entidad—como si fueran en realidad de esta (Lipps, 1903). Para él, esas experiencias son las que nos permiten dar cuenta del estatus estético del objeto, así como reconocer a otro organismo como una criatura cognoscitiva y conocer su estado mental. Así, en esencia, *Einfühlung* se refería a un mecanismo de “imitación interna”, o una predisposición innata para la mímica motora como medio de entender estados mentales ajenos, primordialmente afectivos, y discernir incluso si estos existen (Stueber, 2019). El planteamiento de este mecanismo significó el surgimiento de una alternativa a la única otra teoría existente en ese momento sobre el acceso al estado mental de otros agentes, a saber, la de inferencia por analogía (Sayward, 2003; Stueber, 2019). Esto abrió el debate vigente hasta la fecha actual sobre si ganamos acceso a estados

---

<sup>5</sup> aunque pueden existir escuelas teóricas donde este no es el caso.

<sup>6</sup> *Einfühlung* fue traducido en 1909 por Edward Titchener al inglés *empathy* (Stueber, 2019)

mentales ajenos por medio de un mecanismo de simulación (como el propuesto por Lipps), uno de razonamiento fáctico, o uno híbrido (Goldman, 2006).

En el ámbito de la ciencia actual es posible identificar por lo menos tres posturas frente al concepto de empatía. Dichas posturas parten del mismo conjunto de evidencia empírica, que han producido miembros de diferentes escuelas, y difieren principalmente en la medida en que restringen la complejidad y condiciones de necesidad y suficiencia del objeto de estudio. La postura más restrictiva es la que concibe a la empatía como una capacidad cognitiva compleja, exclusivamente humana, y que requiere intencionalidad. Afirman que un sujeto empatiza con otra persona cuando: 1) tiene un estado afectivo; 2) el estado afectivo es isomórfico al estado afectivo de la otra persona; 3) fue provocado por observar o imaginar el estado afectivo de la otra persona; y 4) sabe que el estado afectivo de la otra persona es la fuente de su estado afectivo (Bernhardt & Singer, 2009; De Vignemont & Singer, 2006; Singer & Lamm, 2009).

Por otra parte están las posturas que son menos restrictivas y que, poniendo énfasis en la historia evolutiva del fenómeno, admiten la posibilidad de empatía en animales no-humanos. Primero está la postura representada principalmente por Stephanie Preston y Frans De Waal, de acuerdo a quienes *empatía* es un término sombrilla que designa cualquier proceso por el cual un individuo es capaz de inferir el estado afectivo de otros, mediante la activación de sus propias representaciones neurales de ese estado (De Waal & Preston, 2017). Para ellos, la empatía no es una respuesta conductual, sino que es concebida como un proceso (Preston & de Waal, 2002) o un mecanismo cognitivo, que permite la emergencia de un continuo de fenómenos (De Waal & Preston, 2017). Es decir, que el concepto de empatía en esta literatura engloba a un conjunto de fenómenos que comparten el mismo mecanismo subyacente: *contagio emocional*, aunque sea sólo al nivel de la representación. Esto es, un proceso empático es que al atender al estado afectivo de otro, el sujeto entiende dicho estado por la activación de su propia representación neural del mismo, de la situación y del objeto. Esto a su vez promueve, mediante la vinculación inmediata con áreas motoras, la activación de respuestas autonómicas y somáticas asociadas; claro está, a menos que haya una forma de inhibición (Preston & De Waal, 2002). Notablemente, esta perspectiva parece conservar elementos centrales de la primera concepción de *Einfühlung* de Lipps (1903; Stueber, 2019).

Entre sus proponentes, no hay un acuerdo absoluto acerca de cuáles fenómenos forman parte del espectro empático, pero frecuentemente se incluyen el contagio emocional, la preocupación empática,

la mímica motora, la toma de perspectiva empática, y el altruismo dirigido (De Waal & Preston, 2017; Preston & de Waal, 2002; Zaki & Ochsner, 2012).

De acuerdo a esta teoría, el origen evolutivo de los fenómenos empáticos se atribuye a la organización del sistema nervioso; a saber, su manera de vincular percepción y acción en las mismas representaciones neurales. A la hipótesis de que el sistema nervioso está organizado de esta manera se le conoce como hipótesis de percepción-acción (HPA) (Prinz, 1997) o mecanismo de percepción-acción (MPA) (Preston & de Waal, 2002), y postula que es un código de representación común el que subyace tanto a la puesta en marcha de una conducta o un estado mental como a la percepción de otro agente social manifestando esa conducta o estado mental. En el contexto de la respuesta empática, es un código de representación común el que subyace tanto a la experiencia como a la percepción de un estado afectivo. Así, la percepción de un agente social experimentando un estado mental conlleva la activación de las propias representaciones para ese estado (Preston & De Waal, 2002).

Un ejemplo representativo de este mecanismo es el de las neuronas espejo (Fabbri-Destro & Rizzolatti, 2008; Kilner & Lemon, 2013; Rizzolatti & Craighero, 2004), que en principio designan a un grupo de neuronas distribuidas en regiones premotoras y parietales que, tanto en humanos como en primates no-humanos, presentan actividad tanto durante la ejecución de ciertos movimientos orientados a una meta, como durante la observación de otro individuo que ejecuta dicho movimiento (Rizzolatti & Craighero, 2004). Se piensa que estos grupos neuronales representan la intencionalidad de movimientos orientados a una meta y que, por lo tanto, constituyen una representación compartida entre percepción y ejecución de un mismo tipo de movimiento (Fabbri-Destro & Rizzolatti, 2008). Por ejemplo, recientemente se ha demostrado la unicidad de estas representaciones en cortezas motora, premotora y parietal con IRMf en monos Rhesus (Fiave *et al.*, 2018). Además, Fabbri-Destro y Rizzolatti (2008) denominan *mecanismo espejo* a cualquier mecanismo neuronal en el sistema nervioso central que implique la transformación directa de información sensorial a un formato motor. Argumentan en dicho trabajo que las funciones mediadas por un mecanismo espejo dependen de su locación en términos de conectividad cerebral. Y aunque la red espejo más estudiada es la fronto-parietal, conceden la existencia de otro mecanismo espejo dado por la actividad de la ínsula y la corteza cingulada rostral que transforma situaciones emocionales observadas en respuestas visceromotoras análogas a las que de hecho se experimentan en las situaciones observadas (Fabbri-Destro & Rizzolatti, 2008). De hecho, para sustentar esto apelan a las primeras investigaciones sobre de la empatía en el dolor y el disgusto realizadas con IRMf (Singer *et al.*, 2004; Wicker *et al.*, 2003).

De cualquier manera, el descrito mecanismo de percepción-acción (y, por lo tanto, el concepto íntimamente relacionado de mecanismo espejo) representa una importante ventaja evolutiva, dado que provee al organismo de mayor una mayor eficiencia en el procesamiento de información del medio y el surgimiento rápido de respuestas apropiadas (Preston & De Waal, 2002). Incluso hay evidencia de que el acoplamiento percepción-acción puede mejorarse con la experiencia. Por ejemplo, se ha demostrado que un grupo de jugadores profesionales de béisbol se desempeña sustancialmente mejor y más rápidamente que un grupo control en una tarea de Go/No-Go que requiere tiempos de reacción de menos de un segundo. Esto se vio acompañado por una mayor actividad electrofisiológica en el área motora suplementaria (una región premotora) en el caso de los reactivos No-Go, y en el giro frontal orbital y giro fusiforme en los reactivos Go. (Muraskin *et al.*, 2015)

Así, se sugiere que el MPA es la clave para la vida gregaria de muchas especies de mamíferos, pues es el sustrato no solamente de los fenómenos empáticos, sino de la mayoría de los fenómenos que tienen su base en procesos de facilitación social y emparejamiento interindividual de estados mentales (Preston & de Waal, 2002). El MPA posibilita cierto grado de sincronización de estados mentales afectivos entre dos individuos (Buchanan *et al.*, 2012) y, en combinación con la presión evolutiva por un mecanismo eficiente de vinculación afectiva entre una madre y sus crías en mamíferos, favoreció importantemente el valor adaptativo de los fenómenos empáticos (De Waal, 2012; Preston, 2013). Esta hipótesis está sustentada por evidencia de que varios mecanismos empáticos están conservados entre especies de mamíferos (Preston, 2013). Parte de dicha evidencia surge de estudios hechos en el campo de la etología a partir de uno de los fenómenos empáticos más complejos, a saber, la conducta altruista.

Preston (2013) define que un organismo efectúa una conducta altruista cuando es una que beneficia a otro organismo a un costo para sí mismo (p.ej. ver Figura 2). Aunque diversas formas de conducta altruista se manifiestan en miembros de diferentes especies animales, existe evidencia para sostener que la conducta altruista en mamíferos surgió como una conducta crucial para el cuidado de la descendencia—que a su vez es fundamental para la supervivencia de las crías de la mayoría de los mamíferos y goza por lo tanto de un alto valor adaptativo (Preston, 2013). La respuesta altruista, en calidad de fenómeno empático, se considera que surgió en nuestros ancestros mamíferos como una conducta estereotipada ante la percepción de señales de angustia de sus crías, representando una ventaja evolutiva para las mismas. Dada la naturaleza relativamente flexible de este tipo de respuestas afectivas pudieron empezar a verse desencadenadas no solamente por las señales de sus crías, sino

también por otras situaciones sociales y afectivas similares; esto es, con otros agentes sociales de diferentes edades—e incluso de diferente especie—y en otras situaciones sociales (Preston, 2013).



Figura 2. En un ejemplo famoso de conducta altruista en mamíferos no-humanos, la gata de esta fotografía (llamada Scarlett) sacó de una en una a sus crías de un edificio en llamas a costa de su propio estado físico. Fuente: animalchannel.co

En el modelo propuesto en De Waal y Preston (2017) y Preston y De Waal (2002) conductas empáticas altruistas de tal complejidad son posibles gracias a la estructura de mecanismos progresivamente más simples—y de origen filogenético más temprano—de tal forma que los mecanismos cognitivamente más complejos han surgido incrementalmente a partir de los mecanismos más básicos, siendo su base fundamental el MPA. De hecho, los autores hacen la analogía con una muñeca rusa, que está compuesta de múltiples “capas”. En ningún momento debe perderse de vista, por lo tanto, que todos los fenómenos que así surgieron mantienen una fuerte conexión funcional (Ver Figura 3).

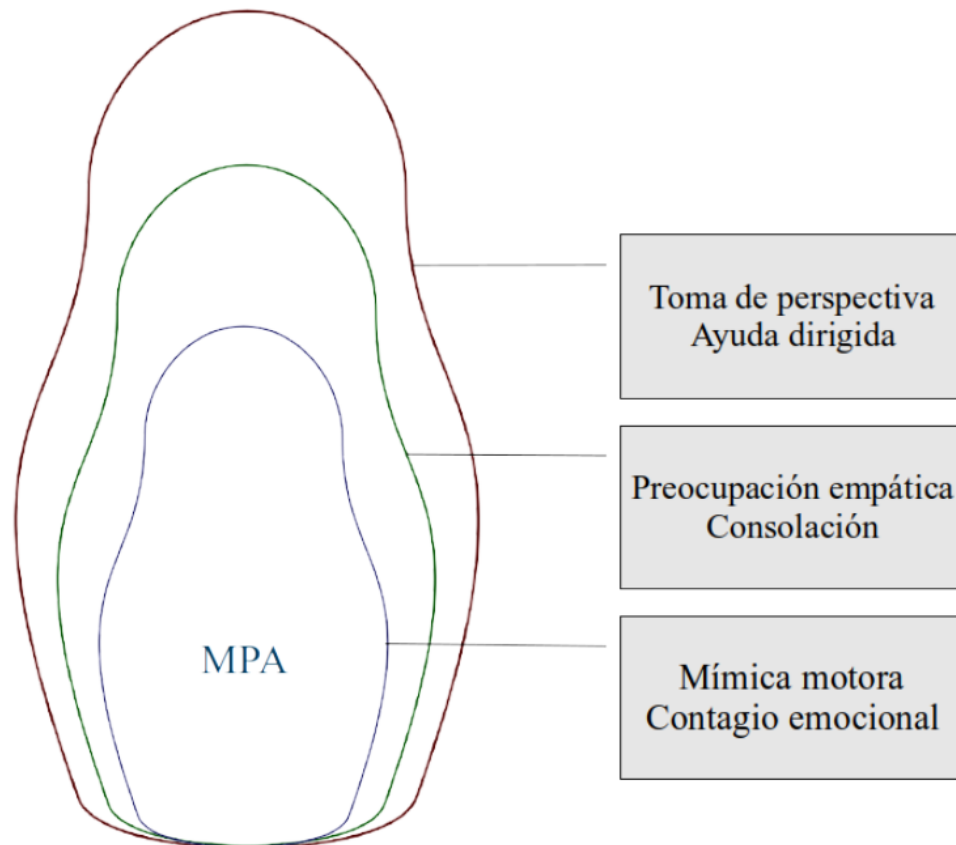


Figura 3. Modelo de la muñeca rusa. A partir del mecanismo de percepción acción (MPA) surgieron progresivamente en la evolución – principalmente de mamíferos – una serie de fenómenos empáticos cada vez más complejos. Adaptado de De Waal y Preston (2017).

En el contexto de esta teoría, el *contagio emocional* se refiere al hecho de que un individuo adopta parcial o totalmente una emoción observada en otro por medio del hasta aquí descrito MPA—un organismo que percibe a otro manifestando una conducta característica de cierto estado afectivo (o al

menos con una valencia positiva o negativa) experimenta un estado emocional correspondiente por la activación de su propia representación mental de ese estado. De acuerdo al modelo de Preston y De Waal (2002), el contagio emocional es el denominador común de todos los procesos empáticos, por lo menos a nivel de la representación; esto quiere decir que a) no es condición suficiente para manifestarse en la conducta y b) la percepción (no necesariamente acertada) del estado afectivo del otro puede darse por mecanismos descendentes como la inferencia o la imaginación. Aquí, el contagio emocional parece ser el fenómeno empático más primordial no sólo filogenéticamente, sino también ontogenéticamente, pues los niños humanos lo manifiestan a los pocos días de vida (esto se concluye a partir de observaciones y resultados experimentales, como el de que un grupo de niños a los pocos días de haber nacido responden a la percepción de llanto de otro niño significativamente más que niños a los que se les presenta ruido blanco con la misma intensidad o que no se les presenta ningún sonido en el mismo contexto) (Hoffman, 1975; Simner, 1971), y existe evidencia que muestra su continuidad entre muchas especies. (De Waal, 2008)

De acuerdo con (De Waal, 2008), el siguiente peldaño evolutivo del espectro empático es la *preocupación simpatizante*<sup>7</sup>, o preocupación por el otro, que se refiere a la preocupación de un sujeto por otro, cuando el último está experimentando una emoción negativa o algún tipo de sufrimiento. Además del antedicho contagio emocional, este fenómeno requiere cierta comprensión del contexto, así como del origen de la emoción del objeto. Así, conductas típicamente resultantes de este proceso (por ejemplo, consolución) sólo se observan en pocas especies de animales no-humanos, como otros primates.

Un tercer proceso empático, que pudo desarrollarse gracias a los mecanismos anteriores, es la *toma de perspectiva empática*. Este término se refiere a la habilidad, dependiente de una capacidad cognitiva más bien compleja, de adoptar el punto de vista de otro (De Waal, 2008). No obstante, al referirse en el contexto de la empatía es imprescindible que incluya un aspecto afectivo; es decir, que consiste en que un sujeto le atribuye un estado mental afectivo a otro por medio de la simulación mental de las condiciones, creencias, y deseos del segundo (Goldman, 2006). En primates no-humanos, algunos cetáceos, y elefantes, esto se evidencia en conductas altruistas, como la proporción de ayuda dirigida; esto es, que atiende a las necesidades específicas de otro individuo. (De Waal, 2008)

---

7

Del inglés "sympathetic concern"

Por último es menester mencionar un modelo comprensivo que atiende a la necesidad de dar cuenta de los fenómenos empáticos en un contexto natural. El modelo en cuestión es el propuesto por Jean Decety y sus colegas a lo largo de la última década (Decety, 2011; Decety & Knafo, 2015; Decety & Svetlova, 2012). Este modelo es integral porque a la vez que reconoce la importancia de las raíces filogenéticas de los fenómenos empáticos (Decety *et al.*, 2016; Decety & Svetlova, 2012) busca dar cuenta de la complejidad añadida de la cognición social humana al igual que el modelo de De Vignemont y Singer (2006), y de la complejidad de la experiencia humana natural—es decir, fuera del laboratorio (Decety, 2011).

De acuerdo al modelo de Decety (2011), representado simplistamente en la Figura 4, la respuesta empática consta de tres componentes:

- 1) El primero es el de la activación afectiva, o compartir un estado afectivo; un proceso ascendente que depende del MPA, así como de estructuras cerebrales como la amígdala, el hipotálamo y la corteza orbitofrontal. Como se verá en el siguiente apartado, este componente del modelo corresponde a lo que otros autores y autoras denominan empatía afectiva, de origen filo- y ontogenético más antiguo (p.ej. ver De Waal, 2008)
- 2) La conciencia o entendimiento de la emoción experimentada involucra una mayor comprensión del estado afectivo por medio de procesos mentales simulacionales e inferenciales (del tipo que se da en teoría de la mente), así como la conciencia de que el origen de la emoción experimentada está en el otro—persona, animal, o cualquier entidad susceptible de atribuírsele estados mentales. Involucra regiones cerebrales como la corteza prefrontal medial (CPFm) y ventromedial (CPFvm), la unión temporoparietal, así como la ínsula anterior (IA). En el siguiente apartado será evidente cómo este componente del modelo corresponde con lo que otros autores y autoras denominan empatía cognitiva, de origen filo- y ontogenético más reciente (p.ej. ver De Waal & Preston, 2017).
- 3) Finalmente, este modelo reconoce como componente crucial en la respuesta empática humana efectiva la modulación emocional. Esto es, una modulación de origen prefrontal del estado afectivo durante la respuesta empática, que constituye su componente más cognitivo. En otras palabras, se trata de una instancia de la regulación emocional de la que se habló en el apartado anterior. (Decety, 2011)



Y *voilà*, es en ese tercer componente de la respuesta empática donde se encarna una instancia muy representativa de la regulación emocional. Para ser capaces de responder efectivamente al estado afectivo y conducta del otro o la otra, y poder proporcionar ayuda y bienestar social, es indispensable modular el propio estado afectivo en tiempo real. A la regulación emocional en el contexto de la respuesta empática llámese desde ahora *modulación de la respuesta empática*, o simplemente *modulación empática*. En este proceso modulador protagoniza una red de la corteza prefrontal dorsolateral (CPFdl) (Etkin *et al.*, 2015; Ochsner & Gross 2005) cuya actividad se correlaciona negativamente con la actividad de estructuras límbicas como la amígdala (Sang & Hamman 2007; Smoski *et al.*, 2014; Urry *et al.*, 2006), preferentemente en el hemisferio izquierdo (Ochsner *et al.*, 2004). Puede observarse así, que este modelo se propone como un ciclo de fenómenos que tienen influencia unos sobre los otros (ver Figura 4).

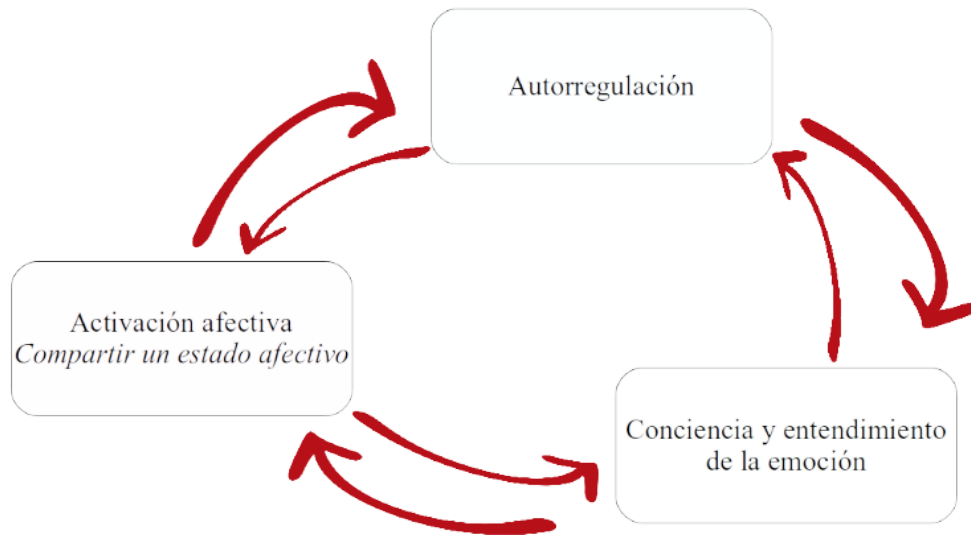


Figura 4. Modelo circular de la respuesta empática que consta de tres componentes que se influyen entre sí. La activación afectiva o el compartimiento de un estado emocional, proceso fundamentalmente *bottom-up*; la conciencia del entendimiento de la emoción y su origen vicario por procesos cognitivos de alto orden; y la autorregulación emocional – o modulación empática – que se impone como una instancia del fenómeno general de modulación emocional. Adaptado de Decety (2011).

Tómese en cuenta que es a partir de este modelo que se desarrolla el resto del trabajo. Como se verá en un apartado subsiguiente, tiene un gran poder explicativo para el contexto del procesamiento empático de los psicoterapeutas.

Antes de terminar esta sección, es preciso hacer énfasis en las diferencias entre empatía y ciertos conceptos relacionados que se adoptan para fines de este trabajo. A saber, la *simpatía* se caracteriza por ser una respuesta emocional indirecta a un estímulo afectivo externo, que se constituye concretamente por sentimientos de tristeza y preocupación por el sufrimiento ajeno. Así, se distingue de empatía en que: a) no es necesariamente una respuesta congruente con, y originada del estado afectivo del otro, y b) se restringe a un espectro estrecho de emociones. Por otro lado, tanto empatía como simpatía se distinguen de *malestar personal*<sup>8</sup>, en que este es una respuesta auto-centrada de ansiedad o estrés ante el estado emocional de otros. No obstante, estos fenómenos se relacionan estrechamente con los de la empatía porque esta puede inducir respuestas de simpatía y malestar personal. (Zahn-Waxler & Radke-Yarrow, 1990).

### 1.2.1. Empatía afectiva y cognitiva

Como se mencionó previamente, el mecanismo de percepción-acción (MPA) es el que dicta en primera instancia los patrones de activación cerebral asociados a la respuesta empática. Es decir que estos patrones de activación están determinados por el estado afectivo que esté siendo representado y experimentado indirectamente en un momento dado (Fan *et al.*, 2011). La mayoría de los primeros estudios llevados a cabo sobre los fenómenos en cuestión se realizaron investigando la *empatía del dolor* (es decir, la ocurrencia de fenómenos empáticos cuando un sujeto percibe o imagina que un objeto está experimentando una experiencia dolorosa) (Engen & Singer, 2013). Estos estudios, llevados a cabo mediante IRM, revelaron dos tipos distintos de procesamiento empático (Engen & Singer, 2013).

En sus primeros experimentos, Tania Singer y su equipo utilizaron un paradigma de IRM que daba cuenta de dos clases de estímulos capaces de activar una respuesta empática (a recordar, específicamente en el contexto de la nocicepción). Los participantes entraban en el dispositivo de resonancia magnética sabiendo que a un lado se encontraba un ser querido—de hecho sus parejas, que estaban sentadas junto al escáner—y a) recibían un estímulo doloroso junto con cierta señal asociada, o b) percibían que su acompañante recibía un estímulo doloroso al mismo tiempo que observaban otra señal que los indicaba. Mediante este paradigma de IRM encontraron un solapamiento parcial entre el patrón de activación cerebral asociado a la experiencia del propio dolor y aquel asociado a la

---

<sup>8</sup> del inglés *personal distress*

experiencia vicaria del dolor. La percepción directa del dolor activa en el cerebro de manera consistente una red conformada por las cortezas premotora, prefrontal, somatosensorial, cingulada anterior dorsal, cingulada medial anterior, e insular anterior. Por su parte, la percepción indirecta del dolor activa a esta red de manera parcial: la corteza cingulada anterior dorsal (CCAd) y la IA (Singer *et al.*, 2004). Se sabe que esta porción de la red participa principalmente en la codificación del aspecto afectivo-motivacional del dolor, más bien que de su componente sensorial (Bernhardt & Singer, 2012), por lo que las y los autores concluyeron que la empatía del dolor involucra el componente afectivo, mas no el sensorial, del dolor (Singer *et al.*, 2004).

En experimentos posteriores se ha utilizado otro paradigma que consiste en presentarle al sujeto una señal visual abstracta, a partir de la cual es posible inferir si va a recibir un estímulo doloroso, o si la otra persona lo hará (el ser querido). Como este tipo de paradigma no involucra representaciones explícitas de situaciones dolorosas ni expresiones de dolor de ningún tipo, requiere de un procesamiento de tipo descendente (*top-down*) (Engen & Singer, 2013). La evidencia en este tipo de tareas se interpreta de la misma forma que anteriormente; es decir, se analiza el sobrelape de activación cerebral en ambas condiciones. El resultado es que participan regiones cerebrales asociadas a funciones ejecutivas, memoria de trabajo, teoría de la mente y atribución de estados mentales, como la corteza prefrontal dorsolateral (CPFdl), dorsomedial (CPFdm), giro y surco temporal superior (G/STS), unión temporoparietal (UTP), lóbulos parietales superior e inferior (LPS/LPI) y corteza cingulada posterior (CCP). (De Waal & Preston, 2017; Engen & Singer, 2013; Lamm *et al.*, 2011)

Al fenómeno encontrado con el primer tipo de paradigma se le denominó empatía afectiva (o *bottom-up*); al encontrado mediante el segundo tipo de paradigma se le denominó empatía cognitiva (o *top-down*, pues es mediada por regiones corticales de alto orden cognitivo) (Engen & Singer, 2013). Estudios combinando ambos paradigmas, y meta-análisis han revelado la participación ubicua de dos regiones cerebrales: la ínsula anterior (IA) y corteza cingulada anterior dorsal (CCAd) (Bernhardt & Singer, 2012; Engen & Singer, 2013; Lamm *et al.*, 2011). Es decir, que tanto en el primer tipo de tareas (de estímulos directos) como en el segundo tipo de tareas (de estímulos indirectos), participa esta red conformada por ambas regiones (De Waal & Preston; Engen & Singer, 2013; Lamm *et al.*, 2011).

La evidencia de un sobrelape parcial entre la activación cerebral durante una experiencia emocional propia y la activación cerebral durante una experiencia emocional del otro es esperable si se acepta el MPA como substrato del fenómeno (Preston & De Waal, 2002). Sin embargo, no sería redituable para

el organismo que haya un completo solapamiento de activación, pues, si así fuera, la intensidad del estado afectivo experimentado indirectamente sería impeditiva y dificultaría la diferenciación entre la propia perspectiva y la del otro (Lamm, Nausbaum, Meltzoff, & Decety, 2007). La eficiencia y valor evolutivo de los fenómenos empáticos reside, pues, en la naturaleza parcial de la representación compartida que implican. Mas con esta evidencia, ha sido tentador buscar un módulo o un sistema que asuma el papel de generador de la empatía.

En línea con esto, estudios posteriores han investigado el papel que desempeña la red IA-CCAd en fenómenos empáticos durante respuestas emocionales no relacionadas al dolor. Por ejemplo, Wicker y sus colaboradores demostraron que las mismas regiones del cerebro se activan cuando un sujeto es expuesto a un aroma desagradable (que provoca asco), que cuando observa a otra persona reaccionando con disgusto a un olor repulsivo; a saber, se activan en ambas condiciones tanto la IA como la CCAd (Wicker *et al.*, 2003).

Muchos autores y autoras así han afirmado que esta red participa en más de unas cuantas emociones (Craig, 2009), y que parece ser la que posibilita que se reproduzca un estado afectivo observado, a través de los mecanismos empáticos. Por esa razón es que se le ha llamado la *red base de la empatía*. (Bernhardt & Singer, 2012; Engen & Singer, 2013; Preston & de Waal, 2002).

Ahora bien, no todos están de acuerdo con esto. En Zaki *et al.* (2009) los autores argumentan que en la mayoría de los estudios en este ámbito no se establece un vínculo preciso entre la activación de las redes mencionadas y la precisión empática. Es decir, que no se cuantifica la medida en que los participantes de dichos estudios logran entender o inferir el estado afectivo del otro. Así, en su estudio, estos autores diseñan un paradigma naturalista para estudiar los correlatos neurofuncionales de la precisión de los fenómenos empáticos. Las características fundamentales de su paradigma experimental consiste en que: a) se grabó a una serie de personas relatando una anécdota con carga emocional, b) los narradores precisaron inmediatamente después cómo se sintieron en cada momento de su grabación, y c) los participantes del estudio miraron dichas grabaciones durante una sesión de IRMf y juzgaron cómo creían que se sentían los narradores en cada punto del video utilizando la misma escala. La correlación temporal entre la valoración de los narradores y de los participantes constituyó la medida de precisión empática. Lo que se encontró es que esta variable correlaciona con activación de regiones cerebrales involucradas en monitorear acciones e intenciones motoras, así como regiones asociadas a la atribución de estados mentales. Esto es, corteza prefrontal medial rostral y dorsal (CPFrm y CPFdm),

surco temporal superior (STS), lóbulo parietal inferior (LPI) y corteza premotora dorsal (CPMd). (Zaki *et al.*, 2009)

El estudio de Zaki y sus colaboradores destaca por ser uno de los primeros en utilizar estímulos complejos y naturalísticos (más similares al tipo de estímulos que suelen presentarse en la vida humana real) para estudiar un fenómeno empático. En otras palabras, es uno de los primeros estudios en abandonar estímulos sobresimplificados que aislaran a la empatía por dolor, disgusto o tacto, y en utilizar estímulos dinámicos y dependientes de un contexto (que de hecho no involucraron muestras explícitas de dolor o disgusto). Se infiere, pues, que a eso se debe que los autores no encontraron actividad en la IA y CCAd asociada a la precisión empática (Zaki *et al.*, 2009). Esto es sugerente de que aunque la red IA-CCAd tiene un papel importante en los aspectos más fundamentales de la empatía afectiva (es decir, el componente de activación afectiva del modelo de Decety (2011)), su rol no es tan evidente en respuestas empáticas complejas, a estímulos complejos, y en contextos enriquecidos (donde los tres componentes del modelo propuesto por Decety (2011) participan retroactivamente).

Finalmente nótese que, además de los mecanismos de modulación empática comprendidos en el modelo de Decety (2011), existe una serie de factores extrínsecos que modulan la empatía. Así, por ejemplo, la magnitud de la respuesta empática depende de la interdependencia y familiaridad entre sujeto y objeto. Este sesgo de familiaridad característico de los fenómenos empáticos consiste en que la similitud entre las representaciones del sujeto y las del objeto facilita importantemente el procesamiento del estado afectivo del objeto por parte del sujeto y, en consecuencia, una respuesta adecuada del último (De Waal y Preston, 2017). Una consecuencia es que la respuesta empática suele ser más intensa hacia un amigo o familiar del sujeto que hacia un desconocido (Preston & De Waal, 2002) o, incluso más marcadamente, que hacia un simpatizante de un equipo de fútbol que le desagrada al sujeto.

### **1.2.2. Medición conductual de la respuesta empática**

La respuesta empática es medible por una serie de escalas psicométricas validadas. En este apartado se presentan dos de ellas que son relevantes para el presente trabajo de investigación. La Escala de Reactividad Interpersonal (*Interpersonal Reactivity Index* - IRI) es un instrumento diseñado para

evaluar la capacidad empática individual en forma multidimensional; es decir, considerando que la empatía, más que ser un fenómeno discreto, se compone por un conjunto de cuatro constructos: *Fantasía*, *Toma de Perspectiva*, *Preocupación Empática* y *Malestar Personal* (Carrasco Ortiz *et al.*, 2011; Davis, 1983; *Escrivá et al.*, 2004). Se describen en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Descripción de los constructos de la Escala de Reactividad Interpersonal (IRI)

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| <p><b>Fantasía</b></p>              | <p>Evalúa la tendencia individual a identificarse con las acciones y sentimientos de personajes de ficción (libros, películas, etc.), es decir, la capacidad del sujeto de imaginarse en situaciones ficticias. Un mayor puntaje en este factor suele predecir que una persona: a) se identifica más fácilmente con personajes ficticios; b) tiene reacciones emocionales más intensas; c) tiene reacciones físicas más fuertes (como sudoración en las manos) cuando percibe que otra persona está teniendo una emoción intensa; y d) tiende más a ayudar a otros.</p> |
| <p><b>Toma de Perspectiva</b></p>   | <p>Evalúa la habilidad de un sujeto para comprender el punto de vista de la otra persona, en términos de su tendencia a adoptar espontáneamente un punto de vista ajeno ante situaciones reales de la vida diaria. Está relacionado al aspecto cognitivo de la empatía y a procesos de teoría de la mente (ToM). Un mayor puntaje en este factor suele predecir que una persona: a) puede imaginarse en la posición de otra persona fácilmente; b) se desenvuelve mejor socialmente; y c) tiene más autoestima.</p>   |
| <p><b>Preocupación Empática</b></p> | <p>Evalúa las reacciones emocionales de las personas ante el sufrimiento de otros, manifestadas como sentimientos de compasión, preocupación y cariño. Una mayor puntuación en este factor suele predecir que una</p>   |

|                          |   |
|--------------------------|---|
|                          | persona: a) se preocupa más por el malestar de otros; b) tiene reacciones emocionales más intensas ante el malestar de otros; c) es más sensible hacia las demás personas.  |
| <b>Malestar Personal</b> | Evalúa la tendencia individual a experimentar malestar en situaciones estresantes interpersonales (incluyendo emergencias), y al observar las experiencias negativas de los demás. Estas emociones pueden impedir el ayudar a otros. Esta escala es la única que correlaciona negativamente con la capacidad empática. Una mayor puntuación en este factor suele predecir que una persona: a) se siente más angustiada en situaciones estresantes en las que se involucran más personas; b) tiene más dificultades para desenvolverse socialmente; c) tiene una autoestima más baja; y d) su capacidad de respuesta empática está obstaculizada por esta expresión de malestar. |

(Davis, 1980; Davis, 1983; Escrivá et al. 2004)

Todas las subescalas de la escala IRI correlacionan positivamente con la competencia socioafectiva, excepto *Malestar Personal*, que lo hace negativamente. (Alterman et al., 2003)

Como método de evaluación del componente de modulación emocional de la respuesta empática, se considera el Cuestionario de Regulación Emocional (*Emotion Regulation Questionnaire - ERQ*). El ERQ está diseñado para evaluar en qué medida una persona es capaz de gestionar y regular sus emociones mediante dos estrategias: *Reevaluación Cognitiva* y *Supresión Expresiva*. Los evaluados con esta técnica deben responder preguntas acerca de su vida emocional, particularmente cómo responden emocionalmente (Cohodes et al., 2014). Se divide en dos subescalas, descritas en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Descripción de los constructos del Cuestionario de Regulación Emocional (ERQ)

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| <b>Reevaluación Cognitiva</b> | Es una forma de modificación cognitiva que involucra reconstruir una situación con carga afectiva de tal forma que cambien su impacto emocional. El puntaje en este constructo refleja la medida en que el evaluado recurre a la estrategia de regulación emocional que consiste en repensar una situación para darle otro significado. Se espera además que las personas con un puntaje |
|-------------------------------|--|

|                            |  |
|----------------------------|--|
|                            | alto en este constructo experimenten las situaciones como menos negativas y reaccionen menos intensamente.   |
| <b>Supresión Expresiva</b> | Es una forma de modulación de la respuesta que involucra la inhibición de conductas desencadenadas por una emoción. La puntuación en este constructo refleja la medida en que un evaluado recurre a una estrategia de regulación emocional que consiste en suprimir lo que está sintiendo, para no manifestarlo. Se espera además que una persona con puntaje alto en esta escala se desenvuelve socialmente de peor manera. |

(Cohodes *et al.* 2014; Gross & John, 2003)

### 1.3. La respuesta empática en psicoterapia

Como en otros tipos de relaciones humanas, es aceptado que en la relación psicoterapéutica los fenómenos empáticos tienen una presencia persistente (Elliot *et al.*, 2011; MacFarlane *et al.*, 2017). Un tema más debatible es si unas escuelas psicoterapéuticas son más efectivas que otras. Es un problema difícil de abordar pues aunque todos los practicantes de una misma corriente de terapia deben procurar regirse por los principios de su escuela, pueden haber importantes diferencias entre el estilo concreto de cada uno. Aunque los resultados en la literatura son aún un tanto contradictorios (por ejemplo, parece haber diferencias regionales), metaanálisis recientes ha sugerido que, en general, diferentes orientaciones de psicoterapia (incluyendo la cognitivo conductual, cognitiva, interpersonal, y psicodinámica) son igualmente efectivas una con respecto a la otra y son tan efectivas como el tratamiento farmacológico para trastornos comunes (como los relacionados a la depresión y la ansiedad) (Berg & Høie, 2010; Goldsmith *et al.*, 2015).

De manera más concreta se han investigado los factores que funcionan como mejores predictores del éxito terapéutico independientemente de la escuela teórica (Wampold & Imel, 2015). Los resultados han permitido concluir que la empatía es un elemento crucial; pues se ha encontrado que la empatía percibida por el usuario es una de las variables que mejor puede predecir el éxito psicoterapéutico



(MacFarlane *et al.*, 2017; Wampold & Imel, 2015)<sup>9</sup>. Un conjunto de escuelas de psicoterapia, como las denominadas humanistas, responde a este hecho y hace uso de una herramienta que les requiere modular su respuesta empática continuamente. A saber, recurren a la *alianza terapéutica*. Esta hace referencia a la calidad de la relación usuario-psicoterapeuta, en tanto se caracterice por a) vínculos afectivos positivos, como respeto, confianza y preocupación por el otro; b) aspectos cognitivos de la relación terapéutica, como el consenso sobre los objetivos del proceso y un compromiso de ambas partes con el mismo; y c) un sentido de complicidad, donde cada parte conoce sus responsabilidades para el éxito del proceso (Horvath, 2001). La alianza terapéutica se ha correlacionado causalmente<sup>10</sup> con un mayor éxito terapéutico en instancias de psicosis. (Goldsmith *et al.*, 2015)

Para el psicoterapeuta, utilizar esta estrategia implica escuchar activamente al usuario, con disposición y sin caer en juicios, de manera que la respuesta empática, y especialmente su componente de autorregulación emocional, se vuelve imprescindible (Koole & Tschacher, 2016; Zilcha-Mano, 2017). Ellos procuran activamente adoptar el punto de vista del usuario y regular la expresión de su estado afectivo (Prikhidko & Swank 2018). En este sentido, la respuesta empática (especialmente su componente cognitivo de regulación emocional) tiene un papel importante en la psicoterapia (Elliot *et al.*, 2011). Cuando los y las psicoterapeutas modulan de forma efectiva su respuesta empática y reflejan una respuesta emocional que es congruente con la del paciente, es más probable que el paciente se sienta comprendido y cuidado, e incluso que se haga más consciente de su propio estado afectivo (Pletzer *et al.*, 2015). Esto es tan importante que, como se mencionó más arriba, el nivel de empatía durante la sesión de psicoterapia, tal como lo percibe el paciente, ha resultado ser un sólido predictor del éxito terapéutico, independientemente del sistema teórico (Elliot *et al.*, 2011; MacFarlane *et al.*, 2017; Wampold & Imel 2015). Este hallazgo sugiere que puede existir una presión profesional para que los y las psicoterapeutas sean más empáticos mediante la modulación continua de su respuesta empática. La hipótesis de que los y las psicoterapeutas tienen una mayor capacidad empática ha sido probada por algunos grupos de investigación, encontrando pruebas de que, aunque muestran niveles similares de reactividad emocional ascendente que no-terapeutas (Hassentab *et al.*, 2007; Pletzer *et al.*, 2015), muestran una capacidad de empatía cognitiva significativamente mayor, medida a través de tareas conductuales y escalas psicométricas (Hassentab *et al.*, 2007; Olalde-Mathieu *et al.*, 2020).

---

<sup>9</sup> Otras variables consideradas en este tipo de estudios son la alianza, el consenso, la positividad de la percepción del otro, congruencia personal, presencia de expectativas, y la adaptación cultural (Wampold y Imel, 2015)

<sup>10</sup> En Goldsmith *et al.* (2015) la causalidad fue determinada por el uso de variables instrumentales en un modelo de ecuaciones estructurales, en un estudio longitudinal. Ver Goldsmith *et al.* (2015).

Una escuela de psicoterapia que destaca por la importancia que en ella juegan la alianza terapéutica y, consecuentemente, la respuesta empática, es la llamada *psicoterapia centrada en la persona* iniciada por Carl Rogers alrededor de 1940. Lo que caracteriza a esta escuela es su acercamiento al proceso psicoterapéutico basado en el supuesto de que las capacidades de auto-directivas del cliente (así se denomina a la persona que solicita este tipo de atención psicológica) pueden guiar el proceso terapéutico, pues todos los organismos vivientes manifiestan una tendencia a la auto-actualización (Raskin, 2001). Para promover esto, el o la psicoterapeuta, en lugar de adoptar un papel de experto o autoridad en su relación con el cliente, debe adoptar una actitud de entrega y escucha activa. Esto es, una actitud de interés incondicional por la perspectiva y los sentimientos del cliente que permitan una comprensión profunda de los mismos—una respuesta empática profunda y efectiva. Esto a su vez permite la generación de una relación positiva y genuina, basada en un sentimiento de genuina comprensión (Kirschenbaum, 2015; Raskin, 2001); fundamentalmente, esto es el fenómeno de alianza terapéutica descrito más arriba. Presuntamente, una consecuencia natural del éxito en crear este tipo de relación entre psicoterapeuta y cliente es seguido por un proceso de crecimiento centrado en el último (Kirschenbaum, 2015).

Dicho esto, se desconoce hasta la actualidad cómo este tipo de demanda cognitiva constante en el ámbito profesional puede impactar en la plasticidad cerebral de los y las psicoterapeutas. Para responder a esta cuestión es posible utilizar IRM.

#### **1.4. Métodos de estudio de neuroanatomía con IRM**

Gracias al advenimiento de la IRM y el desarrollo de tecnologías y algoritmos computacionales cada vez más sofisticados, es posible representar la neuroanatomía individual *in vivo*, realizar mediciones concretas y estudiar los correlatos entre ciertos rasgos neuroestructurales y variables, desde genéticas hasta socioculturales, con una gran precisión.

En el estudio neuroanatómico macro- y mesoscópico por IRM existen por lo menos cuatro dominios generales (Lerch *et al.*, 2017): a) volumetría manual, que consiste en la segmentación digital de tejidos y estructuras cerebrales por un anatomista entrenado; b) algoritmos de segmentación automática, que pueden recurrir al uso de clasificadores especializados, modelos previos y algoritmos de registro espacial lineal y no-lineal (Zijdenbos *et al.*, 2002); c) algoritmos morfométricos como la morfometría

basada en voxeles (MBV) y la morfometría basada en deformación (MBD) (Ashburner & Friston, 2000); y d) algoritmos basados en superficie, que logran extraer las superficies interna y externa de la corteza cerebral mediante modelos deformables para hacer mediciones específicas, como de grosor cortical (GC) (Lerch & Evans, 2005) (Lerch *et al.*, 2017).

Para fines de este trabajo de investigación se describen a continuación las dos técnicas que fueron utilizadas (MBV y GC), así como el aporte que han tenido para el entendimiento de los correlatos neuroanatómicos de los fenómenos empáticos.

#### **1.4.1. Morfometría Basada en Voxeles**

La morfometría basada en voxeles es un método de análisis de datos de RM estructural que tiene como finalidad calcular la densidad de un tipo de tejido, ya sea en todo el cerebro o en regiones específicas.

En investigación, esta técnica ha probado ser útil para detectar variaciones neuroanatómicas asociadas a diversas variables tanto patológicas como no-patológicas. En el caso de las variables patológicas, esta técnica logra dar cuenta de patrones de atrofia neuronal como una disminución de densidad de sustancia gris (Lehmann *et al.*, 2011). Ahora bien, con respecto al estudio de poblaciones sanas, la MBV ha sido utilizada para detectar diferencias en la sustancia gris asociadas con el envejecimiento normal (Good *et al.*, 2001; Ramanoël *et al.*, 2018), así como con capacidades de navegación (Maguire *et al.*, 2000), aritmética, lingüísticas, y musicales (Hutton *et al.*, 2009). Por ejemplo, en un estudio clásico Maguire *et al.* (2000) demostraron que en un grupo de taxistas el volumen del hipocampo posterior (medido por MBV) correlaciona positivamente con el tiempo que llevaban fungiendo profesionalmente como taxistas, y que en general esta región cerebral era significativamente más grande que en un grupo de sujetos control. Esto se explica porque en el hipocampo posterior se forma una representación espacial del entorno, y el incremento en su volumen puede reflejar los cambios plásticos de la circuitería local como respuesta a la constante demanda que tienen los taxistas de navegar en el espacio (Maguire *et al.*, 2000). Por su parte, Delon-Martin *et al.* (2013) encontraron resultados similares en la corteza piriforme (corteza olfatoria) y giro orbital asociados a la experiencia de un grupo de perfumistas; Banks *et al.* (2016) encontraron diferencias en la corteza piriforme e ínsula derecha en un grupo de maestros sommelier en comparación con un grupo control, entre otros ejemplos (Bermudez & Zatorre, 2005; Maguire *et al.*, 2006).

Asimismo, estudios longitudinales con MBV han sido exitosos en dar cuenta de cambios estructurales en el cerebro adulto inducidos por algún tipo de entrenamiento (Hutton *et al.*, 2009). De esta forma, Draganski *et al.* (2004) detectaron cambios estructurales en un grupo de sujetos como resultado de un período de entrenamiento de malabarismo. Estos sujetos nunca se habían entrenado en malabares, y debieron enseñarse por un período tal que cada participante pudiera sostener la rutina de malabares por 60 segundos; lo cual tomó aproximadamente tres meses. Las diferencias que se encontraron con respecto a su primera sesión de IRM (pre-entrenamiento) así como a un grupo que no realizó el entrenamiento de malabarismo, fueron en el giro temporal medio y en el surco intraparietal izquierdo. Hubo una tercera sesión de IRM tres meses más tarde (sin entrenamiento), tras lo que la MBV reveló que la densidad de sustancia gris había vuelto a reducirse hasta cierto punto (Draganski *et al.*, 2004).

Si bien están bien documentados las variaciones neuroestructurales que pueden darse por este tipo de condiciones y detectarse gracias a la técnica de MBV, los mecanismos celulares precisos por los que esto sucede no han sido del todo dilucidados (Lerch *et al.*, 2017). Entre las hipótesis vigentes hasta el momento sobre los sustratos de las diferencias de señal encontradas con MBV se incluyen neurogénesis y proliferación glial alteradas, cambios en el tamaño de neuronas o células gliales, angiogénesis y proliferación de células endoteliales, y cambios en la arborización dendrítica local (Keifer *et al.*, 2015). En su estudio con un modelo animal—ratones que pasaron por un protocolo de condicionamiento auditivo al miedo—Keifer *et al.* (2015) hicieron un análisis de MBV complementado por una serie de análisis *ex-vivo* con imagenología confocal. Buscaron asociaciones entre los resultados de la MBV y algunas de las medidas asociadas a las hipótesis mencionadas antes (como grosor cortical, diámetro neuronal en las capas V y VI de la corteza, densidad, grosor y longitud de espinas dendríticas, así como la proporción entre grosor y longitud espinal, y amplitud y densidad de núcleos celulares). Sus resultados mostraron que la densidad de espinas dendríticas (un incremento de aproximadamente 18%), el diámetro de la cabeza espinal (un incremento de 5%), y la longitud de las espinas dendríticas (un decremento de 5%) son las únicas variables—que ellos midieron—asociadas al incremento de intensidad de señal de MBV (incremento de 16 a 18%) en la corteza auditiva de los ratones expuestos al protocolo de condicionamiento (Keifer *et al.*, 2015). Estos resultados, entre otros (p.ej. Biedermann *et al.*, 2012) dan cuenta parcialmente de los mecanismos celulares que pueden subyacer a las variaciones neuroanatómicas encontradas con la técnica de MBV en situaciones de aprendizaje; no obstante, este es un proyecto de investigación en curso.

### 1.4.2. Grosor cortical

El procedimiento de análisis de grosor cortical (GC) es, en principio, similar al de morfometría basada en voxels. Sin embargo, su objetivo es calcular la distancia, en milímetros, entre la superficie de la sustancia blanca y la superficie externa de la corteza cerebral en cada punto del cerebro (Lerch & Evans, 2005). Aunque la comunidad científica no ha llegado a un consenso sobre la definición precisa de grosor cortical y diferentes definiciones geométricas existen (Aganj *et al.*, 2009; Lerch & Evans, 2005), se ha mostrado que la definición de *distancia vinculada* (descrita en la sección de Métodos de este escrito) es una que destaca por su precisión y confiabilidad (Lerch & Evans, 2005).

Así, mientras que la MBV es una medida de densidad, el análisis de GC es una medida de distancia, obtenida en milímetros (Lerch & Evans, 2005). Dado que la unidad funcional básica de procesamiento cortical está constituida de forma columnar—esto es, por las *minicolumnas* y las *columnas corticales* o *módulos* que son conjuntos celulares funcionalmente integrados—(Rolls, 2016), es preciso destacar que estos estimados de grosor cortical principalmente reflejan propiedades físicas de estas unidades funcionales de la corteza cerebral. El sustrato de variaciones en estas propiedades físicas (p.ej. su longitud) se piensa que es el mismo que en el caso de la MBV; es decir que no ha sido comprobado (Lerch *et al.*, 2017), pero hay algunas teorías someramente enlistadas arriba.

Al igual que en el caso de la MBV, el análisis de GC ha mostrado ser útil para dar cuenta de variaciones neuroestructurales (específicamente corticales) en casos patológicos (Lerch *et al.*, 2017). Por mencionar algunos ejemplos, recientemente se ha utilizado para explorar las variaciones corticales en el hemisferio intacto de pacientes con visión ciega<sup>11</sup>. A saber, se encontró un incremento significativo de grosor cortical en la región pericalcarina del cerebro de estos pacientes, posiblemente como resultado de un mecanismo de compensación (Georgy *et al.*, 2020). Por otra parte, también se demostró recientemente con esta técnica y mediante una muestra de 384 participantes que los padecimientos de esquizofrenia y trastorno bipolar se acompañan de alteraciones neuromorfológicas parecidas (aunque con mayor intensidad en el caso de la esquizofrenia), lo cual sugiere que ambas condiciones son afectadas por factores ambientales y neurodegenerativos similares (Madre *et al.*, 2020).

También se ha aprovechado este tipo de análisis para desvelar diferencias neuroestructurales asociadas a variables no patológicas, como la pericia en alguna habilidad, así como a cierto tipo de entrenamientos en estudios longitudinales. Se ha demostrado, por ejemplo, que en un grupo de

---

<sup>11</sup> blindsight

maestros sommelier existía una correlación entre la medida de grosor de la corteza entorrinal y los años de experiencia como sommelier, sugiriendo que el engrosamiento de esta región (parte del sistema olfatorio) es resultado de la experticia en esta actividad (Banks *et al.*, 2016). Por su parte, otro grupo ha demostrado que en un grupo de políglotas se presentaron cambios consistentes en términos de grosor cortical en áreas involucradas en el procesamiento audio-motor y fonológico, después de un programa de entrenamiento de interpretación simultánea, en comparación con un grupo de políglotas que no pasó por dicho programa (Hervais-Adelman *et al.*, 2017). En línea con esto, Legault *et al.* (2019) mostraron que un entrenamiento intensivo de aprendizaje de la lengua china (dialeto mandarín) con tecnología de realidad virtual resulta en un incremento del grosor cortical en el giro supramarginal derecho con respecto a los volúmenes de IRM pre-entrenamiento, así como con respecto a un grupo control que aprendió las mismas palabras mediante la asociación de imágenes con las palabras a aprender (Legault *et al.*, 2019).

### **1.4.3. Caracterización anatómica de la respuesta empática con imagenología por resonancia magnética**

La mayor parte de los estudios acerca de la respuesta empática se han realizado con técnicas de IRMf; sin embargo, no hay necesariamente una correspondencia entre regiones cerebrales que presentan diferencias de activación y aquellas que presentan variaciones estructurales (Haier *et al.*, 2009); por lo tanto, en el proyecto de caracterizar los sustratos cerebrales de una función mental (como la empatía) es valioso estudiar las variaciones estructurales asociadas a la misma. Para la empatía, los primeros en emprender esta empresa fueron Banissy *et al.* (2012), asociando puntuaciones del IRI a densidad de sustancia gris (medida por MBV) y encontrando que: a) habilidades del ámbito de la empatía afectiva orientadas a otra persona (*Preocupación Empática*, según los constructos del IRI) se asocian a una reducción de volumen de sustancia gris en precuneo izquierdo, giro frontal inferior izquierdo y corteza cingulada anterior izquierda; b) puntuaciones de empatía afectiva auto-orientadas se relaciona con menor volumen de sustancia gris en corteza somatosensorial izquierda y mayor volumen en corteza insular izquierda; c) la capacidad de toma de perspectiva se correlaciona con mayor volumen de sustancia gris en corteza cingulada anterior izquierda; y d) la capacidad de empatizar con personajes

ficticios se asocia con un mayor volumen de sustancia gris en corteza prefrontal dorsolateral. Como mencionan los autores, la reducción de sustancia gris observada en varios de sus resultados puede asociarse a una mayor eficiencia en la ejecución de una función cerebral, después de transcurrir una fase de engrosamiento de la región. (Banissy *et al.*, 2012)

Eres *et al.* (2015), por su parte, demostraron que en una muestra poblacional de 176 participantes, sus puntuaciones en una escala que mide respuesta empática afectiva y cognitiva correlacionaron con densidad de sustancia gris en ínsula y corteza cingulada medial, respectivamente. Uribe *et al.* (2019) investigaron la asociación entre diferentes aspectos de la empatía (medidos por el Test de Empatía Cognitiva y Afectiva - TECA) y el grosor cortical en las diferentes áreas de interés. Encontraron que existía una correlación significativa entre las puntuaciones obtenidas en la subescala de toma de perspectiva (un fenómeno empático de índole cognitiva) y grosor cortical en el giro orbitofrontal bilateral, pars opercularis lateral, giro frontal inferior, regiones occipitales laterales y mediales e, importantemente, giro cingulado anterior y medio. Asimismo, desvelaron una asociación significativa entre la medida de malestar empático y el volumen de tálamo bilateral. Utilizando otra escala para medir capacidad empática (a saber, la Escala de Empatía Positiva), Yue *et al.* (2016) encontraron una correlación positiva entre las puntuaciones en el test psicométrico y la densidad de sustancia gris en la corteza insular y la corteza cingulada anterior de los participantes.

En un *paper* reciente, Valk *et al.* (2017) publicaron resultados de un estudio longitudinal en el que fue posible evaluar variaciones neuroestructurales individuales tras un entrenamiento de nueve meses en habilidades socio-afectivas y cognitivas, así como su relación con diferencias en sus puntuaciones en mediciones conductuales. Aunque no estudiaron la respuesta empática *per se*, este estudio merece mención porque utilizaron una muestra grande de participantes (entre 120 y 193, de acuerdo a la fase del proyecto) y midieron capacidades estrechamente relacionadas con la empatía. A saber, midieron la capacidad de tomar la perspectiva del otro (teoría de la mente) y la capacidad de sentir compasión por el otro; esto capturando medidas neuroestructurales de cada participante antes y después de un entrenamiento de tres meses en cada uno de estos módulos. De acuerdo a los resultados, el entrenamiento en habilidades socio-afectivas indujo cambios de GC en la corteza insular asociados a cambios en las puntuaciones obtenidas en una evaluación de la tendencia a la compasión. Asimismo, se encontraron diferencias post-entrenamiento en el giro supramarginal (GSM) y en la corteza prefrontal medial (CPFm). Por otra parte, el módulo de entrenamiento socio-cognitivo indujo variaciones de GC

en el giro temporal medio (GTM), en la unión temporoparietal (UTP), y en la corteza prefrontal ventrolateral (CPFv1). Las variaciones en la unión temporoparietal (UTP) estuvieron correlacionadas con las puntuaciones en una evaluación conductual de teoría de la mente. (Valk *et al.*, 2017)

## 2. Justificación

Dado el estado del arte en el campo de estudio de la respuesta empática, y en línea con un cuerpo de investigaciones sobre la relación entre distintas formas de experticia y diferencias morfométricas y volumétricas cerebrales, es preciso indagar en los correlatos neuroestructurales de la respuesta empática. Con este fin se describe a continuación un estudio de IRM realizado con un grupo de psicoterapeutas que, por las características de la escuela a la que pertenecen, hacen de la respuesta empática efectiva una herramienta terapéutica indispensable.

Los resultados de esta investigación pueden contribuir a dilucidar de qué manera el ejercicio de la labor psicoterapéutica puede estar asociada a cambios en la corteza cerebral de los profesionales que la practican prolongadamente. El saber esto puede contribuir a la caracterización del perfil morfofuncional de la respuesta empática.

El primer estudio llevado a cabo para desvelar si propiedades estructurales del cerebro pueden subyacer a diferencias en empatía medida como un rasgo personal fue el de *Banissy et al.* (2012), encontrando variaciones individuales en las regiones corticales asociadas a la empatía. Estudios posteriores han replicado y complementado dichos resultados usando diferentes escalas para medir la respuesta empática (p. ej. *Eres et al.*, 2015; *Uribe et al.*, 2019; *Valk et al.*, 2017; *Yue et al.*, 2016). No obstante, casi todos ellos utilizan una muestra aleatoria de estudiantes de pregrado, y no se han buscado diferencias neuroestructurales entre poblaciones que difieran en la naturaleza de su profesión. Particularmente, entre una población especializada que ejerce una modulación intencional de la respuesta empática, y una de profesionistas especializados en otras áreas del conocimiento.

El presente estudio pretende ser el primero en dar cuenta de las diferencias neuroestructurales asociadas a la respuesta empática, entre un grupo de psicoterapeutas (para los cuales la capacidad empática es una herramienta fundamental) y un grupo control compuesto por profesionales de otras áreas del conocimiento, utilizando técnicas morfométricas basadas en resonancia magnética. Se utilizan estas



técnicas debido a que pueden dar cuenta de diferencias neuroestructurales de los cerebros de dos grupos poblacionales que difieran en algún aspecto importante o estén expuestos a diferentes demandas ambientales. (Ashburner & Friston, 2000; Greve, 2011; E. A. Maguire *et al.*, 2000)

### **3. Metodología**

#### **3.1. Hipótesis**

Dado que, como se ha mencionado arriba, la red base de la empatía se caracteriza por estar constituida por la ínsula anterior (IA) y la corteza cingulada anterior dorsal (CCAd), y que parte fundamental de la labor diaria de los terapeutas de alianza descritos en este trabajo es la vinculación empática con sus pacientes, se plantean las siguientes hipótesis acerca del grupo de psicoterapeutas, en relación al grupo control:

- 1) El análisis por MBV revelará variaciones de densidad de sustancia gris en las regiones de interés<sup>12</sup> asociadas a la respuesta empática.
- 2) El análisis de grosor cortical mostrará que hay diferencias significativas entre los grupos de estudio en las regiones de interés asociadas a la respuesta empática.
- 3) La magnitud de las diferencias de densidad de materia gris y grosor cortical en las regiones de interés se encontrará en proporción a las puntuaciones obtenidas en los diferentes constructos del IRI y el ERQ.

#### **3.2. Objetivos**

Se establecieron los siguientes objetivos:

1. El objetivo de este trabajo de investigación es evaluar si la corteza cerebral de un grupo de terapeutas de alianza presenta variaciones neuroestructurales en las regiones cerebrales asociadas a la respuesta empática, caracterizables en imágenes estructurales de resonancia

---

<sup>12</sup> Las regiones de interés son especificadas en una sección subsiguiente (ver Tabla 4)

magnética mediante las técnicas de morfometría basada en voxels (MBV) y grosor cortical (GT), con respecto a un grupo control.

2. Evaluar si existe una correlación entre la capacidad empática medida con el Interpersonal Reactivity Index (IRI), los resultados del Cuestionario de Regulación Emocional (ERQ), y densidad de materia gris, así como grosor cortical en las cortezas insular anterior y cingulada anterior dorsal.

Para responder a la pregunta de investigación se recurrió a métodos de morfometría cerebral con imágenes de resonancia magnética de sujetos sanos. Los detalles sobre los participantes, la obtención de las imágenes cerebrales y el análisis de los datos son descritos a continuación.

### **3.3. Participantes**

Fueron reclutados 36 participantes, de los cuales 18 (9 mujeres, 54.9 años,  $s = 7.6$  años) son psicoterapeutas de alianza con un entrenamiento de al menos dos años, y que se han dedicado a la psicoterapia clínica de manera profesional por lo menos 6 años. Los integrantes de este grupo fueron detectados por su afiliación a una escuela de psicoterapia centrada en la persona, y fueron invitados formalmente por vía de correo electrónico a participar en el estudio. La mayoría residía en otro estado de la república y viajó al sitio de realización de este estudio. Los criterios de inclusión consistieron en que tuvieran, además de los dos años reglamentarios de entrenamiento en este tipo de psicoterapia, seis años de experiencia clínica. Para asegurarse de esto, así como de que reconocieran a la alianza terapéutica como una herramienta clave en su labor, se condujo una entrevista semiestructurada durante la fase de reclutamiento.

El grupo control, por su parte, está compuesto por 18 sujetos (9 mujeres, 54.7 años,  $s = 7.6$  años), que son profesionales en las diferentes áreas del conocimiento definidas por el INEGI, y con aproximadamente el mismo grado de especialización académica que el grupo experimental (a saber, todos tienen especialidad o posgrado en su respectiva área). Los participantes de este grupo también provienen de diversos estados del país. Los criterios de inclusión consistieron en que con su

reclutamiento fue posible controlar correctamente variables sociodemográficas relevantes y parear la cantidad de hombres y mujeres entre ambos grupos. Además, se buscó que las diferentes áreas del conocimiento fueran igualmente representadas en este grupo.

Ninguno de los participantes se encontraba en tratamiento psicofarmacológico ni neurofarmacológico en el momento del estudio ni en los cinco años anteriores, y tampoco tenía historial médico neurológico relevante. Adicionalmente, todos los participantes respondieron la Escala de Alexitimia de Toronto (TAS-20), cuya puntuación total se utilizó como criterio de exclusión si era indicador de una forma subclínica o clínica de alexitimia. Se comprobó que los pacientes no tenían ningún elemento de incompatibilidad con el dispositivo de resonancia magnética, y firmaron un consentimiento informado para participar en el estudio. Este proyecto de investigación fue aprobado por el comité de bioética del Instituto de Neurobiología de la UNAM y se apegó a los lineamientos del tratado de Helsinki.

### **3.4. Adquisición de las Imágenes**

Los participantes fueron citados en la Unidad de Resonancia Magnética, del Instituto de Neurobiología (INB) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), campus Juriquilla, en Querétaro, México. Las imágenes cerebrales fueron adquiridas mediante un equipo de resonancia magnética de 3.0 Teslas G.E. Discovery MR750 (General Electric, Waukesha, WI) con una bobina de cabeza de 32 canales.

Para fines de este estudio se adquirieron imágenes estructurales 3D de contraste pesado a T1 mediante una secuencia de tipo SPGR (*Spoiled Gradient Recalled Echo*), que utilizó un ángulo de inclinación de 12°, TR = 8.1ms, TE = 3.2ms. Se obtuvo una matriz de 256x256 en cada rebanada, con una resolución espacial de 1mm<sup>3</sup> por voxel. La duración total de la secuencia fue de cinco minutos para cada participante.

### **3.5. Pre-procesamiento**

Aunque el software utilizado para los análisis de MBV y GC tienen implementado un conjunto de procesos para limpiar las imágenes (eliminar el ruido y las inhomogeneidades de intensidad de señal),

extraer los voxeles correspondientes al encéfalo de aquellos pertenecientes al cráneo, meninges y otros tejidos, así como controlar la calidad de los volúmenes, se llevó a cabo una serie de pasos para pre-procesar las imágenes personalmente y asegurar un control óptimo.

El primero de estos pasos consistió en hacer un control de calidad cualitativo de las imágenes pesadas a T1, siguiendo los criterios propuestos por Backhausen *et al.* (2016). Cada criterio es evaluado por el usuario en una escala ordinal de 3 puntos. Se trata de los siguientes criterios:

1. claridad de la imagen
2. presencia del artefacto de *anillado*
3. razón de contraste a ruido en estructuras subcorticales
4. razón de contraste a ruido en los bordes de sustancia blanca y gris

Subsiguientemente se promedió el puntaje de cada imagen y se utilizó el resultado para decidir si alguna imagen debía ser excluida de la muestra (Backhausen *et al.*, 2016). En efecto, hubo una imagen (del grupo control) que no pasó este control de calidad y fue desechada del estudio.

Posteriormente fueron *limpiadas* todas las imágenes con la herramienta N4BiasFieldCorrection (ANTs), que tiene la función de eliminar el ruido y las irregularidades producidas por la inhomogeneidad del campo magnético, permitiendo que la posterior segmentación de tejidos sea más precisa. (Tustison *et al.*, 2011)

Fue generada una máscara binaria de cada volumen utilizando el algoritmo de volBrain 1.0 (Manjón & Coupé, 2016), que es un sistema robusto de cálculo de volumetría cerebral. Una vez obtenidas las máscaras, la precisión de las mismas fue controlada individualmente y corregida manualmente cuando era necesario. La inclusión de estas máscaras en pasos posteriores puede contribuir notablemente a que se realice una segmentación de tejido más acertada.

Seleccionamos las regiones de interés relevantes para la empatía cognitiva y la regulación emocional a partir del Human Brainnetome Atlas (BNA) (Fan *et al.*, 2016). Para ello se utilizó el Visor Interactivo del sitio web del BNA ([atlas.brainnetome.org/bnatlas.html](http://atlas.brainnetome.org/bnatlas.html)), que muestra los metadatos de comportamiento y de paradigma experimental asociados con cada región disponible en el atlas (Fan *et al.*, 2016). A saber, identificamos regiones asociadas con el término clave *cognición social* en las cortezas prefrontal y cingulada. Como *cognición social* es un término más general que nuestro objeto de estudio presente, subsiguientemente restringimos más esta selección a un conjunto de regiones corticales que literatura previa relevante ha mostrado que de hecho está asociado a procesos de empatía

cognitiva y regulación emocional. A continuación, los correspondientes mapas probabilísticos se descargaron, se fijaron umbrales y se binarizaron para servir como máscaras de regiones de interés. Las regiones de interés resultantes se muestran en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Regiones de interés

| región | hemisferio | ubicación                | centroide (coord MNI) | dominios conductuales                  |
|--------|------------|--------------------------|-----------------------|--|
| A8dl   | izq        | giro frontal superior    | -18, 24, 53           | Cognición social, emoción, ToM         |
| A8dl   | der        | giro frontal superior    | 22, 26, 51            | Cognición social, ToM                  |
| A9/46d | izq        | giro frontal medio       | -27, 43, 31           | Cognición social, inhibición de acción |
| A23d   | izq        | giro cingulado anterior  | -4, -39, 31           | Cognición social, emoción              |
| A23v   | izq        | giro cingulado posterior | -8, 47, 10            | Cognición social, memoria explícita    |

*Obtenidas del Human Brainnetome Atlas (BNA) (Fan et al. 2016) con base en sus dominios conductuales asociados, así como en literatura previa. izq = izquierdo; der = derecho; ToM = Teoría de la mente*

### 3.6. Morfometría Basada en Voxeles

La primera técnica morfométrica realizada con los datos es la Morfometría Basada en Voxeles (VBM). Como fue mencionado anteriormente, esta es una técnica para medir diferencias entre dos muestras poblacionales, en términos de densidad de sustancia gris cerebral (Ashburner & Friston, 2000; Lerch *et al.*, 2017). Este procedimiento fue realizado utilizando Computational Anatomy Toolbox - CAT12, que es una extensión de Statistical Parametric Mapping - SPM, la cual a su vez es una herramienta disponible mediante Matlab (The MathWorks Inc, Natick, Massachusetts). La manera en que se llevó a cabo el análisis con esta herramienta es la siguiente:

Como primer paso se normalizaron todos los volúmenes de contraste pesado a T1 a un mismo espacio estereotáxico, de tal forma que existiera una correspondencia uno a uno entre los voxeles de los distintos volúmenes. La normalización espacial a este espacio se llevó a cabo en dos pasos: primero se hizo una transformación afín de 12 parámetros, y después se hizo una transformación no-lineal tal, procurando no ajustar cada rasgo cortical exactamente, sino limitándose a conciliar diferencias globales. De esta manera las diferencias locales individuales se conservaron (Ashburner & Friston, 2000).

El siguiente paso consistió en segmentar en cada una de las imágenes los voxeles correspondientes a sustancia gris, sustancia blanca y fluido cerebroespinal, respectivamente. Esta clasificación a nivel de cada voxel se logra con base en su intensidad de señal y con la ayuda de una serie de mapas probabilísticos de tejido con los cuales se determina a priori dónde es más probable encontrar a cada uno de los tejidos (Ashburner y Friston, 2000; Zijdenbos *et al.*, 2002).

A continuación se realizó un suavizado de cada una de las segmentaciones normalizadas, esto es, se hizo un promedio ponderado de cada voxel con sus voxeles circundantes mediante un kernel Gaussiano isotrópico (Ashburner & Friston, 2000; Greve, 2011). De esta manera, cada voxel se vuelve una representación de la densidad local de sustancia gris. Además, una ventaja del suavizado espacial es que se dota a los datos de una distribución más parecida a la normal e incrementa la validez de métodos de estadística paramétrica. (Ashburner & Friston, 2000)

Finalmente, como análisis estadístico se ajustó un modelo lineal en cada voxel de los volúmenes y se analizó cómo la densidad de sustancia gris reflejada en la intensidad del voxel varía como función de las variables de interés (ver a continuación). Finalmente, fue necesario realizar una corrección por comparaciones múltiples. (Ashburner & Friston, 2000; Whitwell, 2009)

Entre los parámetros definidos para cada módulo de procesamiento de datos se destacan los siguientes:

I. Segmentación:

- i. Se especificó la plantilla de cerebros europeos de ICBM para la normalización espacial;
- ii. Se especificó el uso del algoritmo DARTEL para la segmentación de tejidos;
- iii. Se determinó un tamaño de vóxel para las imágenes normalizadas de  $1.5\text{mm}^3$

II. Se calculó el volumen intracraneal total (VIT) de cada sujeto.

III. Se llevó a cabo un suavizado de un FWHM de 8mm sobre cada volumen de tejido.

IV. Modelo estadístico:

- i. Se especificó como diseño una prueba t de dos muestras;
- ii. Fueron introducidas como covariables: VIT, sexo y edad;

V. La estimación del modelo se realizó con los parámetros por defecto.

VI. Resultados:

- i. Se especificó un contraste de tipo t;
- ii. como vector de contraste se definió  $\text{terapeutas} > \text{control}$ ;
- iii. se determinó un FWE de 0.05

Además de llevar a cabo el análisis a nivel de todo el cerebro, se hizo la MVB a nivel de cada región de interés, utilizando las máscaras anteriormente descritas.

### **3.7. Grosor Cortical**

Se llevó a cabo un análisis de grosor cortical mediante el software CIVET 2.1.1. Como fue mencionado más arriba, es un método moderno útil para calcular la distancia entre las superficies inferior y superior de la corteza cerebral en todos los puntos del cerebro, y hacer comparaciones entre grupos. El procesamiento consistió en lo siguiente:

Se le proporcionó al algoritmo los volúmenes de RM de contraste pesado a T1 pertenecientes a cada sujeto. (Zijdenbos *et al.*, 2002). Una vez indicados los parámetros deseados (ver a continuación), el primer paso en el preprocesamiento de los volúmenes normalmente sería corregir las inhomogeneidades de la intensidad de la señal, que suelen ser producidas por la posición de las antenas durante la adquisición de la imagen o por la anatomía del sujeto. CIVET logra esto implementando el algoritmo N3 (Sied *et al.*, 1998), que logra un resultado robusto en reducir la variación de la intensidad de tejido en imágenes de RM. Sin embargo, como esta corrección ya había sido implementada durante el preprocesamiento, este paso no fue llevado a cabo por CIVET.

El paso siguiente fue la normalización espacial de las imágenes al espacio estereotáxico de la plantilla MNI-ICBM 152 por un registro lineal de nueve parámetros (Lerch & Evans, 2005). A continuación se aplicó un algoritmo de segmentación de tejidos. Esto quiere decir que se utilizó un clasificador para etiquetar a cada voxel como perteneciente a un tipo de tejido (sustancia blanca, sustancia gris o líquido cefalorraquídeo) o a ninguno (el fondo de la imagen). Esto se logra con ayuda de la intensidad de señal de cada voxel, la máscara introducida (en este caso la producida por VolBrain 1.0), y una serie de mapas probabilísticos para cada tipo de tejido (Lerch & Evans, 2005; Zijdenbos *et al.*, 2002).

Una vez segmentados los volúmenes, se procedió a extraer las superficies interna y externa de la corteza cerebral. CIVET recurre al algoritmo de Segmentación Anatómica por Proximidades (ASP, por sus siglas en inglés). Éste consiste en la creación de superficies simples con topologías esféricas ajustando modelos deformables. Es decir que deforma un modelo tridimensional (fundamentalmente una malla de polígonos) hasta lograr la forma de la superficie de la sustancia blanca. El éxito de este algoritmo reside en que, además de restringir la intersección entre distintos puntos del modelo, así

como entre las distintas superficies (de sustancia blanca y gris), combina aspectos de un acercamiento ascendente de detección de bordes con uno descendente de limitantes basadas en modelos (MacDonald *et al.*, 2000).

Una vez creado un modelo tridimensional para cada superficie de la corteza cerebral, fue posible calcular el grosor cortical, definido como la distancia entre la superficie interna y externa en cada punto de la corteza. Esto puede lograrse mediante distintos métodos, sin embargo aquí se describe únicamente  $t_{link}$ , que de acuerdo a Lerch *et al.* (2005) es el más eficiente. Este método consiste en especificar una asociación entre nodos de la superficie externa y nodos de la superficie interna, gracias a que la creación de la superficie externa se logra por una expansión de la superficie interna. Luego la distancia entre estos nodos es calculada en milímetros. Dicha expansión es parte de la misma deformación que fue descrita más arriba y, gracias a la eficiencia de sus parámetros y limitantes, resulta ser una medida robusta y sin mucha variabilidad. (Lerch & Evans, 2005; MacDonald *et al.*, 2000)

Un último paso previo al análisis estadístico de los datos fue el suavizado de las medidas de grosor cortical mediante un kernel de difusión basado en superficies, que puede ser aplicado a cualquier superficie curva (Lerch & Evans, 2005).

Finalmente, con la información generada mediante los pasos descritos fue posible hacer un análisis estadístico. A saber, se ajustó un modelo lineal para cada vértice (de los cuales hay una correspondencia uno a uno entre imágenes), tras lo cual fue necesario controlar el *False Discovery Rate* (FDR); es decir, controlar la proporción de test significativos que realmente no lo son (Genovese *et al.*, 2002; Lerch & Evans, 2005). El resultado es un mapa estadístico que refleja, ya sea la diferencia entre grupos, o la influencia de variables continuas sobre el grosor cortical en un hemisferio cerebral o en regiones de interés pre-establecidas.

Entre los parámetros especificados para el procesamiento de los volúmenes se destacan los siguientes:

- Se especificó que no se hiciera limpieza de ruido e inhomogeneidad de campo, pues ya había sido realizado durante la fase de pre-procesamiento.
- Se determinó como método de medición del grosor cortical *mlink* pues en Lerch y Evans (2005) se demuestra que podría ser el más efectivo.
- En línea con las recomendaciones de los mismos autores se especificó un kernel de 30mm de suavizado sobre las medidas de grosor cortical.



- Se determinó que se hiciera un remodelado de la superficie cerebral para el cálculo del grosor cortical.

CIVET arroja como resultado una serie de modelos tridimensionales para cada cerebro, construidos por mallas poligonales representando la superficie de la sustancia gris y la superficie de la sustancia blanca de cada hemisferio. También genera una serie de documentos de texto simple con la media en milímetros de la distancia entre las superficies inferior y superior de la corteza cerebral en cada nodo de las mallas poligonales generadas.

El análisis estadístico de estos datos se realizó con RMINC ([mouse-imaging-centre.github.io/rminc](https://mouse-imaging-centre.github.io/rminc)), que es un paquete en R creado para este tipo de estudios. Se introdujo una máscara abarcando las regiones de interés y se aplicó un modelo lineal sobre los valores de grosor cortical en cada uno de los vértices incluidos en dichas áreas, utilizando como covariables confusorias la edad y sexo de los y las participantes. Para hacer la corrección por comparaciones múltiples se controló el FDR con umbral de 5% (Genovese *et al.*, 2002).

Más adelante se realizó otro análisis a nivel de los vértices en las regiones de interés donde se encontró un efecto significativo, ajustando un modelo lineal de grosor cortical contra las distintas puntuaciones de los test psicométricos, incluyendo la edad y el sexo de los participantes como variables confusorias y corrigiendo por comparaciones múltiples con FDR a un umbral del 5% (Genovese *et al.*, 2002).

Adicionalmente se generó un mapa estadístico en el espacio tridimensional de CIVET representando el tamaño del efecto del primer modelo lineal (en términos de  $g$  de Hedges) con RMINC en toda la superficie cortical.

Para conocer en su totalidad los detalles del procesamiento y análisis de los datos, refiérase al [Apéndice 1](#) al final del presente escrito.

## 4. Resultados

Los resultados psicométricos muestran que los psicoterapeutas obtuvieron puntuaciones significativamente diferentes a la de los no-terapeutas en algunas de las subescalas de las pruebas aplicadas. La puntuación media en cada subescala del IRI y del ERQ por grupo se muestra con su desviación estándar en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Puntuaciones psicométricas

| <i>Grupo</i>         | <i>Fantasía</i>      | <i>Toma de Perspectiva</i> | <i>Preocupación Empática</i> | <i>Malestar Personal</i> | <i>Reevaluación Cognitiva</i> | <i>Supresión Expresiva</i> |
|----------------------|----------------------|----------------------------|------------------------------|--------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| <b>Terapeutas</b>    | 19.17 ( $\pm 3.75$ ) | 22.72 ( $\pm 3.58$ )       | 22.61 ( $\pm 3.07$ )         | 8.06 ( $\pm 3.33$ )      | 4.70 ( $\pm 1.29$ )           | 1.89 ( $\pm 0.71$ )        |
| <b>No-terapeutas</b> | 12.65 ( $\pm 5.36$ ) | 19.12 ( $\pm 4.94$ )       | 21.06 ( $\pm 5.56$ )         | 9.24 ( $\pm 5.09$ )      | 4.33 ( $\pm 1.83$ )           | 2.85 ( $\pm 1.29$ )        |
| <b>estadístico t</b> | 4.15 (p= 0.003)      | 2.46 (p = 0.02)            | 1.01 (p = 0.32)              | -0.81 (p = 0.43)         | 0.69 (p = 0.5)                | -2.72 (p= 0.02)            |
| <b>d de Cohen</b>    | 1.42                 | 0.84                       | 0.35                         | -0.28                    | 0.23                          | -0.93                      |

*Promedio de las puntuaciones psicométricas y sus desviaciones estándar por grupo. Fantasía, Perspectiva, Preocupación Empática y Malestar Personal pertenecen al IRI, mientras que la Reevaluación Cognitiva y la Supresión Expresiva corresponden a las subescalas del ERQ. Se muestra el estadístico t y su correspondiente valor p, así como la d de cohen, para cada comparación intergrupala.*

Como puede verse en la Figura 5, los psicoterapeutas obtuvieron una puntuación significativamente más alta que los no-terapeutas en las dos subescalas del IRI relacionadas con la empatía cognitiva: *Fantasía* ( $p < 0,01$ ) y *Toma de Perspectiva* ( $p < 0,05$ ). Con respecto a los otros dos constructos del IRI, no se encontró ninguna diferencia estadísticamente significativa entre los grupos.

Los psicoterapeutas también obtuvieron una puntuación significativamente más baja en el constructo de *Supresión Expresiva* del ERQ ( $p < 0,05$ ) (Figura 5); sin embargo, no se encontró ninguna diferencia estadísticamente significativa en la subescala de *Reevaluación Cognitiva*.

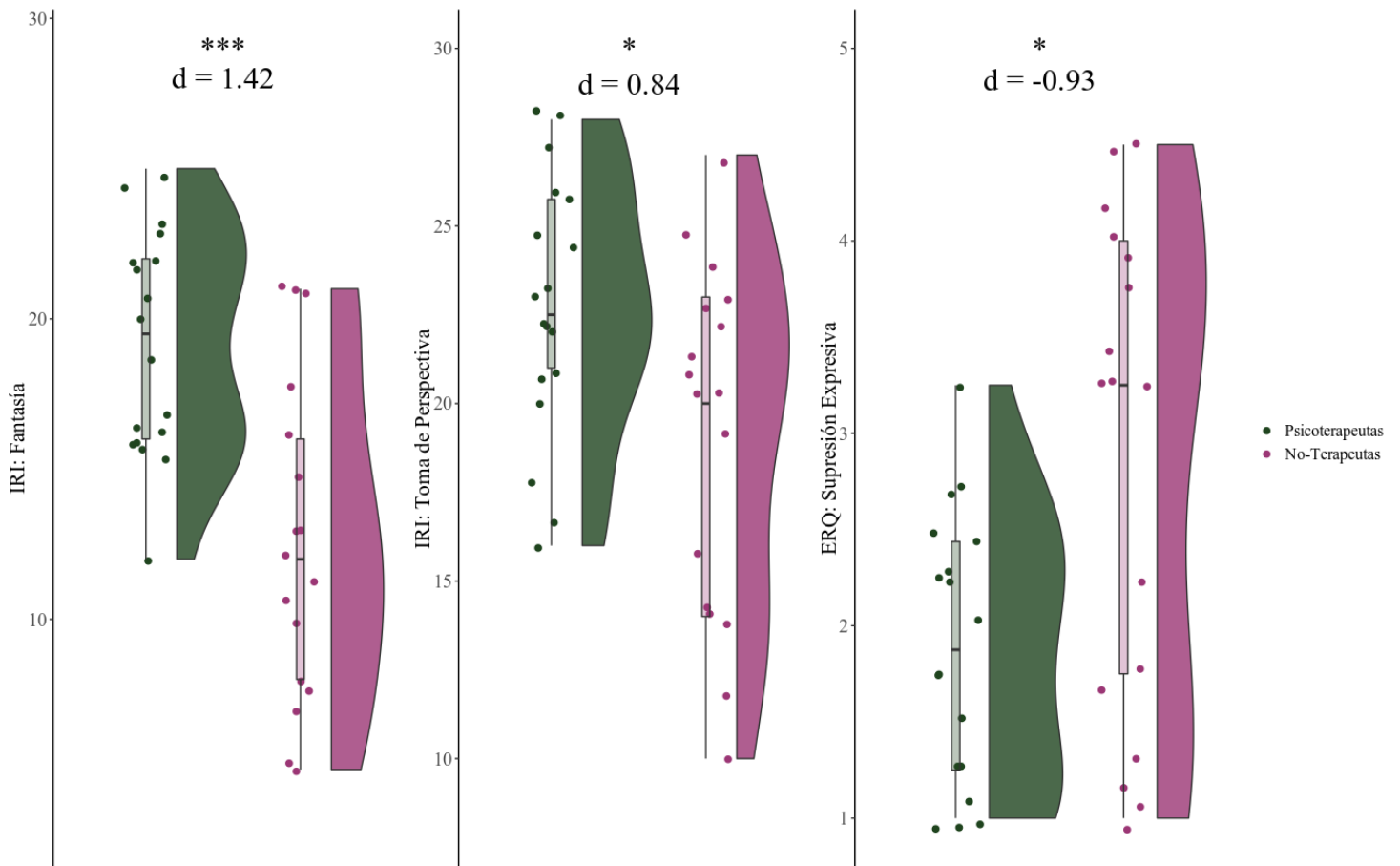


Figura 5. Puntuaciones psicométricas donde fueron encontradas diferencias significativas entre grupos. Los llamados 'raincloud plots' proveen una idea completa de la distribución de la muestra (Allen et al. 2019). Los plot de caja contenidos representan la mediana y los respectivos primer y tercer cuartiles.  $d$  = tamaño del efecto ( $d$  de Cohen); \*  $p < 0.05$ ; \*\*\*  $p < 0.001$

En el análisis de morfometría basada en voxels (mediante SPM) no se obtuvo ningún subgrupo de voxels con diferencias significativas en ninguna región del cerebro. Tampoco se encontraron diferencias significativas a nivel de las regiones de interés preestablecidas. Esto se interpreta como que no hubieron diferencias detectables entre los dos grupos en términos de densidad de materia gris y por lo tanto no se puede rechazar la hipótesis nula.

Con respecto al análisis de grosor cortical, de las cinco regiones de interés, se encontró una diferencia estadísticamente significativa ( $FDR < 5\%$ ) en una zona prefrontal dorsolateral, que se muestra en la figura 6. Concretamente, los psicoterapeutas mostraron un mayor grosor cortical en la región izquierda A9/46d que los no terapeutas ( $p < 0,05$ , corregido con FDR). No se encontraron otras diferencias significativas de grosor cortical entre los grupos de las otras regiones de interés prefrontales y cinguladas.

Después de ajustar los modelos lineales por vértice para el grosor cortical izquierdo en A9/46d y las puntuaciones psicométricas del grupo de psicoterapeutas, encontramos que su grosor cortical en esta región estaba correlacionado negativamente con su puntuación de *Preocupación Empática* del IRI ( $p < 0.01$ , corregido por FDR). La figura 7 muestra una representación de este resultado; es decir, presenta un modelo lineal del grosor cortical local medio individual y la puntuación total de *Preocupación Empática*. No se encontraron otras asociaciones estadísticamente significativas entre el grosor cortical de la región y las puntuaciones psicométricas.

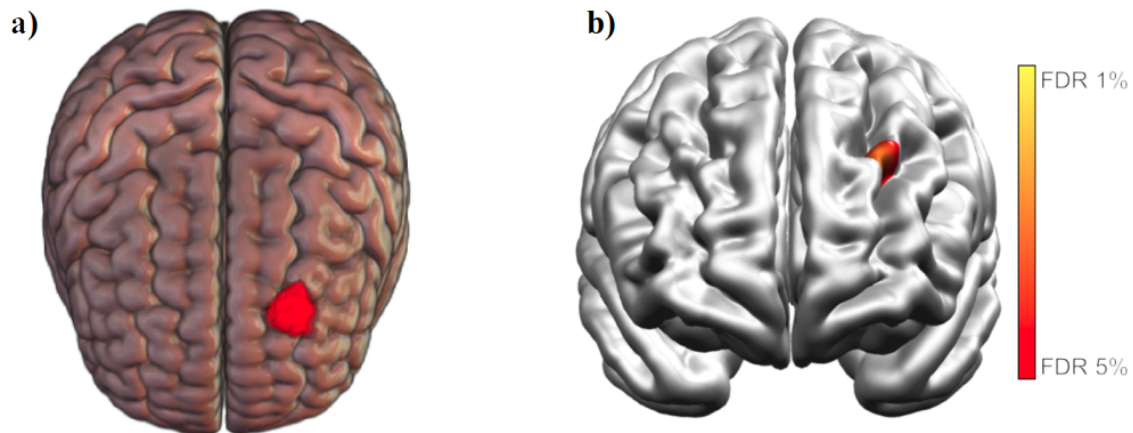
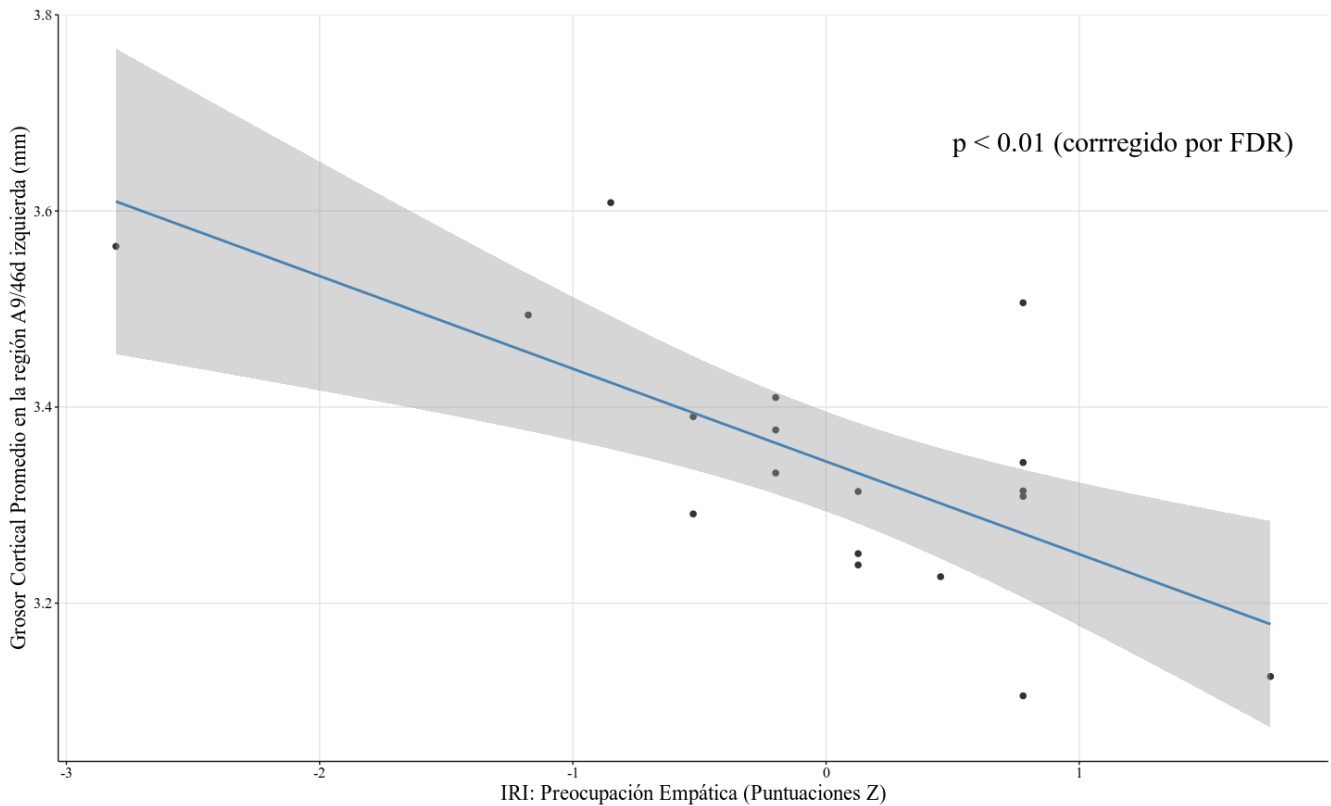


Figura 6. a) Región izquierda de A9/46d; b) Mapa estadístico de la región A9/46d izquierda (terapeutas > no-terapeutas). a) se generó con el software MRICroGL (Rorden & Brett 2000); b) se generó con el software Display (<http://www.bic.mni.mcgill.ca/software/Display/Display.html>)



*Figura 7. Representación del modelo lineal ajustado significativo (puntuación individual de Preocupación Empática frente a la media del grosor cortical izquierdo A9/46d del grupo de psicoterapeutas) con su intervalo de confianza del 95% (en gris)*

Además, el modelo lineal de asimetría del grosor cortical de los vértices también reveló una mayor asimetría del grosor cortical en la región A9/46d en los cerebros de los terapeutas (izquierda > derecha) que en los de los no terapeutas, alcanzando un umbral de FDR más alto ( $p < 0,1$ ; corregido por FDR).

Por último, como se muestra en la figura 8, se calculó un mapa estadístico del tamaño del efecto en todo el cerebro para el primer modelo lineal (comparación de grupos), que muestra que la misma región de la corteza prefrontal dorsolateral muestra los valores más altos del tamaño del efecto. Aunque no es el punto de este estudio, puede ser digno de mención que las regiones sensorio-motoras, como la corteza somatosensorial inferior y el giro paracentral, muestran una tendencia a los tamaños de efecto altos ( $g > 8,0$ ).

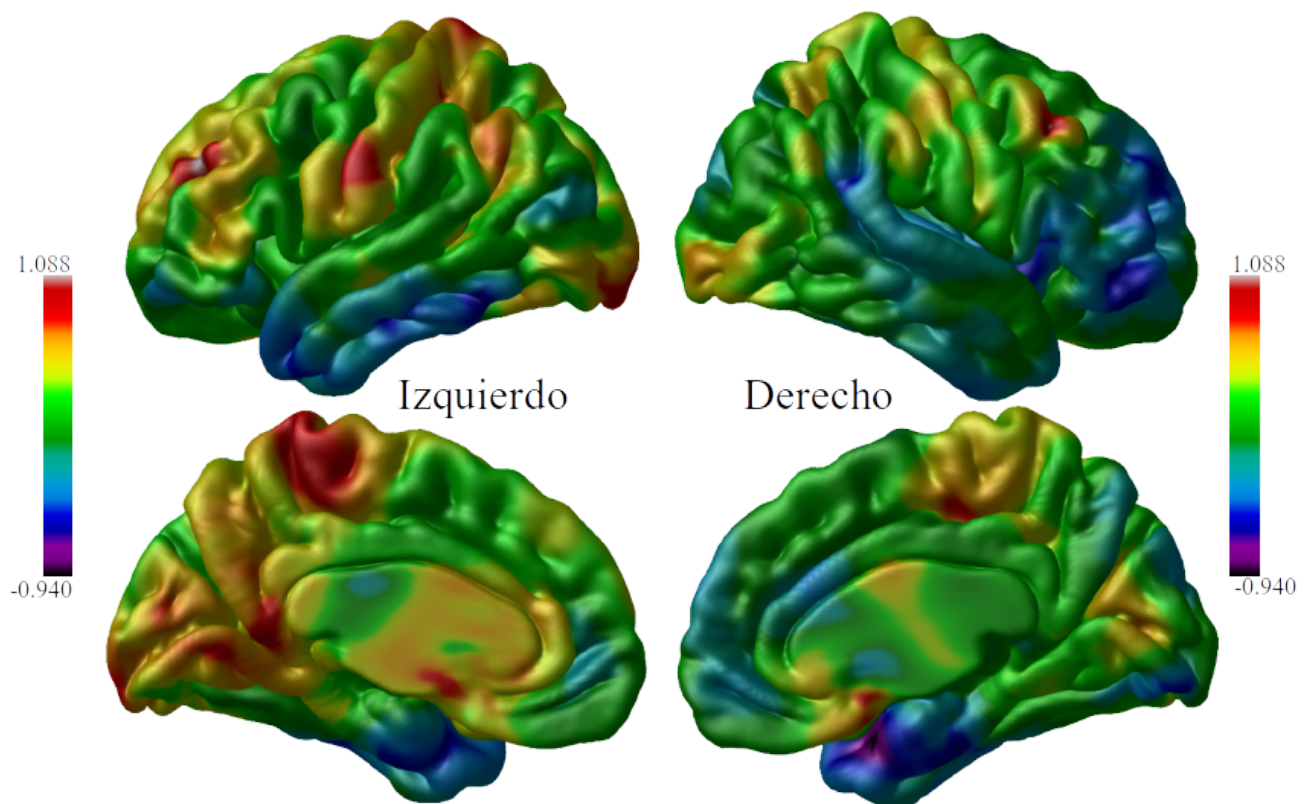


Figura 8. Mapa estadístico del tamaño del efecto en todo el cerebro (g de Hedges) generado a partir del modelo lineal que compara las medidas del grosor de la cortical de los grupos.

## 5. Discusión

El objetivo de este estudio fue investigar las variaciones de grosor cortical asociadas a una mayor respuesta empática en un grupo de psicoterapeutas. El principal hallazgo fue que una región de interés en la CPFdl izquierda (A9/46d) era significativamente más gruesa en el grupo de psicoterapeutas que en el grupo control de no-terapeutas, y que en los y las psicoterapeutas el grosor cortical en esta región se correlacionó de forma robusta con la puntuación del IRI Preocupación Empática. Además, el grosor cortical de los y las psicoterapeutas en esta región de la CPFdl izquierda mostró una asimetría más

pronunciada con respecto a su región homóloga en el hemisferio derecho que el grupo de control; esto es consistente con la literatura previa que ha demostrado que los componentes cognitivos de la empatía (es decir, la toma de perspectiva) y la respuesta empática (es decir, la regulación emocional) están parcialmente lateralizados a la izquierda (Ochsner *et al.*, 2004).

Los y las psicoterapeutas estudiados aquí pertenecían a la escuela de *psicoterapia centrada en la persona*, que incorpora la generación de alianza como una herramienta psicoterapéutica fundamental. Como fue mencionado anteriormente, una modulación consciente de la respuesta empática del psicoterapeuta se considera crucial para la generación de la alianza (Evans-Jones *et al.*, 2009; Horvath, 2006). Por lo tanto, es posible afirmar que nuestros los y las participantes de este estudio tenían una necesidad mayor y más explícita de tener respuestas empáticas efectivas constantemente que los y las profesionales de otras áreas de trabajo. Como tal, la relevancia de este estudio radica en proporcionar una mayor comprensión de la plasticidad del cerebro adulto, estudiando por primera vez a una población que destaca en sus habilidades empáticas y su necesidad de desarrollarlas activamente.

### **5.1. El papel de la CPFdl en la regulación emocional**

La región prefrontal A9/46d constituye un nodo bien definido de la red de empatía cognitiva que se ha caracterizado en las revisiones más recientes (De Waal & Preston, 2017; Völlm *et al.*, 2016). Importantemente, esta región tiene un papel funcional primordialmente relacionado con el control ejecutivo (Cohen *et al.*, 2016); y como tal, se ha visto íntimamente implicado en procesos descendentes de regulación emocional (Enzi *et al.*, 2016; Ochsner & Gross, 2005). De hecho, la actividad de esta región correlaciona negativamente con la actividad en estructuras límbicas, como la amígdala, durante la presentación de estímulos que tienen una carga afectiva (Sang & Hamman, 2007; Smoski *et al.*, 2014; Urry *et al.*, 2006). Asimismo, existe evidencia de que la conectividad funcional entre regiones de la CPFdl y la amígdala se ve incrementada después de un entrenamiento en tareas de control ejecutivo; además, tras dicho entrenamiento, se observó una reactividad reducida de la amígdala ante la presentación de estímulos con una carga emocional negativa (Cohen *et al.*, 2016).

La actividad de la CPFdl se ha asociado no solamente con procesos de regulación emocional intrínseca, sino que, de acuerdo con el modelo descrito en Reeck *et al.* (2016), también se asocia con procesos de regulación emocional extrínseca. Ambos son procesos que requieren los y las psicoterapeutas comúnmente para desempeñarse profesionalmente (regular su propia emoción y regular la emoción de

sus pacientes). Más aún, es cierto que los y las psicoterapeutas recurren a estrategias de regulación emocional que caen mayormente en el rango de mecanismos explícitos (Prikhidko & Swank, 2018)—tal como la reevaluación cognitiva y la supresión expresiva, entre otros (Etkin *et al.*, 2015; Gross, 2014; Gyurak *et al.*, 2011). Se ha encontrado que esta instancia de regulación emocional involucra consistentemente regiones cerebrales como la CCAd, giro temporal superior (GTS), giro angular (GA) e, importantemente, CPFdl (Buhle *et al.*, 2014; Kohn *et al.*, 2014). Por completitud, cabe mencionar que los mecanismos de regulación emocional implícita reclutan más bien un grupo de regiones corticales que incluye primordialmente a la corteza cingulada anterior ventral (CCAv) y corteza prefrontal ventromedial (CPFvm) (Etkin *et al.*, 2006; Etkin *et al.*, 2015). Así, la CPFdl tiene una mayor presencia en los procesos de regulación emocional que son de tipo extrínseco e intrínseco. Estos procesos, como se ha mostrado, son los que requieren desplegar constantemente los y las psicoterapeutas que monitorean y modulan activamente su estado emocional.

Las razones por las que estos y estas psicoterapeutas tienen que recurrir constantemente a estrategias de regulación emocional de esta naturaleza van desde sus consecuencias inmediatas, sus implicaciones sobre su propia salud mental, y hasta un compromiso con su ética laboral. Los y las psicoterapeutas pueden suprimir la expresión de sus emociones durante una sesión como primer recurso, para no mostrar su respuesta emocional inmediata al paciente (por ejemplo, cuando el o la terapeuta se enoja) (Prikhidko & Swank, 2018). Sin embargo, hay evidencia de que este tipo de inhibición tiende a perjudicar algunos aspectos de la cognición, como la memoria sobre los hechos inmediatos; y también tiene efectos negativos en la interacción social en curso (Gross, 2002). Por lo tanto, se sugiere que, en general, la supresión expresiva no es una estrategia de regulación emocional deseable para los y las psicoterapeutas (Pletzer *et al.*, 2015; Prikhidko & Swank, 2018).

Los mecanismos de regulación cognitiva de las emociones no parecen tener efectos tan perjudiciales en la cognición y la interacción social, probablemente porque la intensidad de la propia experiencia emocional se modula a priori (Gross, 2002). Esto hace que la regulación cognitiva de las emociones sea más adecuada para la respuesta empática de los y las psicoterapeutas (Pletzer *et al.*, 2015; Prikhidko & Swank, 2018). Ya que se está hablando aquí de la modulación emocional en el contexto de la respuesta empática, claramente se está hablando del componente cognitivo del modelo de la respuesta empática de Decety (2011). Hay pruebas consistentes de que este tipo de regulación está mediada por regiones de la CPFdl (Etkin *et al.*, 2015; Ochsner & Gross 2005), especialmente en el hemisferio izquierdo



(Ochsner y otros 2004), y que involucra en menor medida a las cortezas prefrontal ventral y parietal ventral (Etkin *et al.*, 2015).

Otra razón por la que los y las psicoterapeutas necesitan ser especialmente empáticos es que tienden a experimentar fuertes emociones de ira, culpa y ansiedad como resultado de su práctica profesional. Debido a esas intensas emociones, corren un riesgo constante de traumatización vicaria y, por consiguiente, de deterioro profesional. Así pues, el monitoreo constante de su propio estado afectivo y el uso de estrategias para regularlo son incluso una cuestión de responsabilidad ética (Prikhidko & Swank, 2018). Esto significa que los y las psicoterapeutas deben modular de manera fiable su respuesta emocional incluso después de su jornada laboral, ya sea que esto signifique regular a la baja las emociones intensas o regular a la alza los estados emocionales deseables (Prikhidko & Swank, 2018). En línea directa con esto, algunos estudios han descubierto que los y las psicoterapeutas son mejores para regular sus emociones que otras personas (Pletzer *et al.*, 2015), y que tienden a recurrir con menos frecuencia a la supresión como estrategia para modular su estado afectivo (Olalde-Mathieu *et al.*, 2020); este último resultado fue replicado en el presente estudio mediante una muestra más reducida. Así, es posible deducir que el mayor grosor cortical encontrado en la región de la CPFdl A9/46d del grupo de psicoterapeutas está asociado con su incrementada capacidad empática de autorregulación emocional.

## **5.2. El nivel de preocupación empática se asocia con el grosor cortical de la CPFdl en psicoterapeutas**

Otro hallazgo importante de este estudio sobre la región A9/46d es que, en los psicoterapeutas, el grosor cortical está correlacionado negativamente con la puntuación de *Preocupación Empática* del IRI. El constructo de *Preocupación Empática* ha mostrado repetidamente ser el componente más representativo del IRI—esto es, tiende a representar mucho mejor que los demás constructos a la empatía como un todo (p.ej. las puntuaciones obtenidas de este constructo suelen estar correlacionadas con el componente principal resultado de hacer un análisis de componentes principales sobre las puntuaciones en las cuatro dimensiones del IRI; o que tienden a estar fuertemente correlacionadas con las puntuaciones de otras medidas psicométricas de empatía). Este resultado sugiere que el grosor en esta región cortical está directamente asociado con la tendencia de los psicoterapeutas a sentirse empáticamente preocupados por los demás y, por lo tanto, logran más efectivamente ayudarlos (Lamm,

Batson & Decety, 2007). Naturalmente, en el contexto de la psicoterapia la proporción de ayuda podría significar modular conscientemente la propia respuesta empática (Prikhidko & Swank, 2018). Notablemente, la asociación de la puntuación de *Preocupación Empática* con el grosor cortical de la región A9/46d sugiere, por el rol modulador que desempeña esta región, que la tendencia a sentir preocupación empática por los demás está correlacionada con la capacidad de regular los propios estados afectivos (Eisenberg *et al.*, 2013; Lamm, Nausbaum, Meltzoff, & Decety, 2007). Así pues, podría ser que la puntuación de los y las psicoterapeutas en la subescala de *Preocupación Empática* refleje la medida en que ellos y ellas son particularmente empáticos por la modulación constante de su respuesta empática; lo cual, a su vez, está asociado con el grosor cortical de la región prefrontal dorsolateral izquierda A9/46d.

Sin embargo, contrariamente a lo que cabría esperar de esta región de la CPFdl, no se encontró ninguna correlación significativa entre las puntuaciones del ERQ y el grosor cortical de la región A9/46d izquierda. Es probable que esto se deba ya sea a que los y las psicoterapeutas se involucran en otros mecanismos y estrategias de regulación emocional cognitivas que no se midieron aquí, o que el ERQ no pudo captar su mayor tendencia a involucrarse en estrategias de reevaluación cognitiva para regular sus estados afectivos. Cualquiera de estas alternativas podría encontrar apoyo en el hecho de que obtuvieron una puntuación significativamente más baja en la escala de *Supresión Expresiva* del ERQ con respecto a los no-terapeutas (sugiriendo que de hecho recurren a otras estrategias de regulación emocional).

### **5.3. Limitaciones y direcciones de investigación futuras**

El subsiguiente mapa estadístico del tamaño de efecto exploratorio confirmó que la región A9/46d efectivamente produce algunos de los tamaños de efecto más altos del modelo, confirmando su rol prominente en el grupo de psicoterapeutas. Si se examina detalladamente, se observa que este mapa estadístico muestra valores altos en regiones sensorio-motoras. Podría especularse, pues, que en estas regiones también se dan variaciones plásticas en los y las psicoterapeutas. Dado que esto está en consonancia con la teoría de la percepción-acción de la empatía (De Waal & Preston, 2017; Preston & De Waal, 2002), así como con resultados funcionales previos (Gallo *et al.*, 2018; Engen & Singer, 2013), merecería la pena que investigaciones futuras se ocuparan de esta cuestión.

Asimismo, sería interesante que se midieran los rasgos de personalidad de los y las participantes. Este procedimiento podría ser importante en futuras investigaciones para averiguar si los cambios estructurales detectados también están relacionados con las diferencias individuales de personalidad. Además, se requiere una investigación longitudinal para determinar si los y las psicoterapeutas desarrollan sus mayores habilidades empáticas como resultado de su formación y experiencia profesional, o si son atraídos a la línea de trabajo debido a su ya mayor capacidad empática. Por último, el tamaño de la muestra en este estudio es relativamente pequeña por la dificultad que representa la búsqueda y el reclutamiento de psicoterapeutas profesionales con las características necesarias. Dada la claridad y la solidez de los resultados, no consideramos que esto menoscabe el valor del estudio; sin embargo, más investigación con psicoterapeutas contribuiría importantemente en ampliar los presentes resultados.

Una última observación para futuras investigaciones, en vista de los resultados actuales, es que puede valer la pena explorar la toma de decisiones morales de los psicoterapeutas, que es un proceso cognitivo estrechamente relacionado con la respuesta empática. Se ha identificado el giro frontal medio (en el que se encuentra la región A9/46d) que participa en tareas de toma de decisiones morales. Éstas tienden a implicar procesos autorreferenciales y la representación de las intenciones y los estados afectivos de los demás, así como durante la regulación de las emociones relacionadas con los estímulos con carga moral (junto con la corteza prefrontal medial - CPFm) (Harenski & Haman, 2006). Este tipo de estímulos con carga moral puede corresponder con lo que los psicoterapeutas encuentran frecuentemente en su ocupación. Probablemente, aún no se han realizado estudios de neuroimagen del procesamiento moral en psicoterapeutas, por lo que esta es una prometedora dirección de investigación futura.

## **6. Conclusión**

A manera de conclusión, estos resultados indican que hay una diferencia significativa en el grosor cortical en una porción de la corteza prefrontal dorsolateral en un grupo de psicoterapeutas en comparación con un grupo control, y que el grosor cortical de los psicoterapeutas en esta región del cerebro está fuertemente correlacionado con su tendencia a sentir preocupación empática por los demás. A la luz de la bibliografía anterior y de la evidencia sobre el papel funcional de esta región, se

sugiere que estas variaciones reflejan diferencias individuales en la respuesta empática; especialmente, en su componente cognitivo de autorregulación emocional. En conclusión, estos resultados sugieren por primera vez que una región de la CPFdl presenta variaciones estructurales asociadas a la capacidad empática en un grupo de profesionales sanos que requieren de una modulación activa y constante de su respuesta empática (esto es, psicoterapeutas). Estos descubrimientos se suman al conjunto de estudios sobre las variaciones neuroanatómicas asociadas con diferentes áreas de especialización y arroja luz sobre el problema de cómo la plasticidad del cerebro adulto responde a las demandas ambientales y diferencias individuales en la capacidad empática.

## Apéndice 1: Guía Metodológica

Una demostración detallada, paso a paso, del método de preprocesamiento, procesamiento, y análisis de datos utilizados la hice disponible, a modo de tutorial, en el siguiente dominio:

<https://elidom.github.io/Cortical-Thickness/>

Me gusta pensar que el contenido de dicha guía es una continuación de la presente tesis, pues ahí está plasmado el flujo de procesamiento que fui descubriendo a lo largo de la maestría, y que fue fructífero; asimismo, ahí está compilado el código que utilicé y los *scripts* de código que realicé. Finalmente, esta guía pone a disposición de los miembros del laboratorio (y, eventualmente, de la enteridad de la comunidad científica, cuando los datos sean publicados en un repositorio abierto) los datos de IRM, el código, y los pasos a seguir para reproducir los resultados aquí expuestos, así como para llevar a cabo un estudio de naturaleza similar a este.

Está escrito en inglés para poder ponerlo a disposición de una mayor parte de la comunidad neurocientífica; sin embargo, una vez aprobada esta tesis tengo el compromiso personal de crear una traducción al español para hacerlo más accesible a la comunidad neurocientífica hispanohablante. Mi motivación para realizar este documento, además de fomentar la reproducibilidad de nuestros resultados de investigación, es que a mí mismo me hubiera sido útil desde un principio disponer de una guía de este tipo que, a mi conocimiento, no existía aún en internet, sino que la información está más bien dispersa y su integración conceptual es complicada. Espero lograr, en la medida de lo posible, contribuir a subsanar esta necesidad mediante el contenido de esta guía metodológica.

## Apéndice 2: Resultados en FreeSurfer

Adicionalmente, realizamos un procedimiento muy similar al descrito utilizando FreeSurfer (versión 7) para la extracción de superficies y análisis estadísticos. Lo que motivó este último análisis es el valor intrínseco en la ciencia que se obtiene de replicar resultados por diferentes métodos. El de FreeSurfer es el algoritmo más comúnmente utilizado para estudios de grosor cortical; aunque CIVET está cobrando más popularidad y probando ser más sensible que FreeSurfer a variaciones de grano fino en algunos casos (Kharabian et al. 2020; Redolfi et al. 2015). No obstante, pensamos que vale la pena comparar nuestros resultados con aquellos que podrían ser obtenidos mediante FreeSurfer.

El input de volúmenes fue idéntico que en CIVET; esto es, preprocesadas de la misma forma y utilizando las máscaras binarias obtenidas en volBrain y corregidas manualmente. En FreeSurfer—al igual que en CIVET—se llevó a cabo primero un análisis de la región de interés que había sido significativa en el análisis previo: A9/46d de la CPFdl izquierda. A diferencia del caso de CIVET, en FreeSurfer, por su naturaleza, el análisis no es al nivel de vértices, sino que se obtiene el grosor cortical promedio de la región de interés y se hace el análisis manualmente (en R en este caso) comparando las medias de ambos grupos; igual que en el análisis anterior se incluyeron edad y sexo como covariables confusorias. Posteriormente realizamos un análisis de cerebro completo; este sí es a nivel de vértices, detectando conglomerados de vértices que presentan una diferencia significativa inter-grupal, y que sobreviven a una corrección por comparaciones múltiples con FDR. En este modelo también se incluyeron la edad y el sexo de los participantes como variables confusorias.

Mientras que el análisis en la región de interés no arrojó una diferencia significativa entre los psicoterapeutas y los no-terapeutas, el análisis de cerebro completo de hecho detectó un conglomerado significativo en la CPFdl izquierda; aunque es más extenso que la región de interés A9/46d y no coincide con su ubicación en el cerebro, es notable que existe un solapamiento entre estas (ver Figura 9).



*Figura 9. Hemisferio izquierdo de modelo cortical inflado estándar (MNI-152) mostrando el conglomerado significativo de vértices de acuerdo a FreeSurfer (en amarillo) y la región de interés A9/46d (en azul claro) en la CPFdl izquierda. Es posible observar que sobrelapan parcialmente.*

Este resultado es congruente con la literatura previa que muestra que los diferentes algoritmos de extracción de superficies y estimación de grosor cortical (en este caso FreeSurfer y CIVET) suelen arrojar resultados diferentes que, sin embargo, conservan cierta consistencia en los patrones generales de sus estimaciones de distancia (Kharabian et al. 2020; Redolfi et al. 2015). Aunque los resultados de estos flujos de análisis no sean idénticos, el hecho de que en ambos casos sea observable un efecto en la CPFdl izquierda apoya la noción de que este descubrimiento refleja de hecho una diferencia real entre los grupos de participantes de este estudio. Así, interpretamos esta evidencia a favor de nuestra hipótesis principal.

## Referencias

- Allen, M., Poggiali, D., Whitaker, K., Marshall, T.R. & Kievit, R.A. (2019). Raincloud plots: a multi-platform tool for robust data visualization. *Wellcome open research*, 4, 63.  
<https://doi.org/10.12688/wellcomeopenres.15191.1>
- Aganj, I., Sapiro, G., Parikshak, N., Madsen, S. K., & Thompson, P. M. (2009). Measurement of cortical thickness from MRI by minimum line integrals on soft-classified tissue. *Human Brain Mapping*, 30(10), 3188–3199. <https://doi.org/10.1002/hbm.20740>
- Alterman, A. I., McDermott, P. A., Cacciola, J. S., & Rutherford, M. J. (2003). Latent Structure of the Davis Interpersonal Reactivity Index in Methadone Maintenance Patients. *Journal of Psychopathology and Behavioral Assessment*, 25(4), 257–265.  
<https://doi.org/10.1023/A:1025936213110>
- Ashburner, J., & Friston, K. J. (2000). Voxel-based morphometry - The methods. *NeuroImage*, 11(6 I), 805–821. <https://doi.org/10.1006/nimg.2000.0582>
- Backhausen, L. L., Herting, M. M., Buse, J., Roessner, V., Smolka, M. N., & Vetter, N. C. (2016). Quality control of structural MRI images applied using FreeSurfer-a hands-on workflow to rate motion artifacts. *Frontiers in Neuroscience*, 10(DEC), 1–10.  
<https://doi.org/10.3389/fnins.2016.00558>
- Bagby, M., Parker J. D. & Taylor G. J. (1994) The Twenty-Item Item Selection Toronto and Cross-Validation Structure. *Journal of Psychosomatic Research*, 38(1), 23–32.  
[https://doi.org/10.1016/0022-3999\(94\)90005-1](https://doi.org/10.1016/0022-3999(94)90005-1)
- Banissy, M. J., Kanai, R., Walsh, V., & Rees, G. (2012). Inter-individual differences in empathy are reflected in human brain structure. *NeuroImage*, 62(3), 2034–2039.  
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.05.081>
- Banks, S. J., Sreenivasan, K. R., Weintraub, D. M., Baldock, D., Noback, M., Pierce, M. E., Frasnelli, J., James, J., Beall, E., Zhuang, X., Cordes, D., & Leger, G. C. (2016). Structural and functional



- MRI differences in master sommeliers: A pilot study on expertise in the brain. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10(August), 12. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00414>
- Banzhaf, C., Hoffmann, F., Kanske, P., Fan, Y., Walter, H., Spengler, S., Schreiter, S., Singer, T. & Bermpohl, F. (2018) Interacting and dissociable effects of alexithymia and depression on empathy. *Psychiatry Research*, 270, 631–638. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2018.10.045>
- Barrett, L. F., Mesquita, B., Ochsner, K. N., & Gross, J. J. (2007). The Experience of Emotion. *Annual Review of Psychology*, 58(1), 373–403. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.58.110405.085709>
- Berg, R. C., & Høie, B. (2010). Effectiveness of psychotherapy for adults with depression: A systematic review of the best available evidence. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 5, 2194–2200. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.07.435>
- Bermudez, P., & Zatorre, R. J. (2005). Differences in gray matter between musicians and nonmusicians. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1060(2005), 395–399. <https://doi.org/10.1196/annals.1360.057>
- Bernhardt, B. C., & Singer, T. (2012). The Neural Basis of Empathy. *Annual Review of Neuroscience*, 35(1), 1–23. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-062111-150536>
- Biedermann, S., Fuss, J., Zheng, L., Sartorius, A., Falfán-Melgoza, C., Demirakca, T., Gass, P., Ende, G., & Weber-Fahr, W. (2012). In vivo voxel based morphometry: Detection of increased hippocampal volume and decreased glutamate levels in exercising mice. *NeuroImage*, 61(4), 1206–1212. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.04.010>
- Boyd, R. (1999) Homeostasis, Species, and Higher Taxa. En: R. Wilson, ed. *Species: New Interdisciplinary Essays*. Cambridge: MIT Press.
- Brownell, P. (2010). *Gestalt Therapy: A Guide to Contemporary Practice*. Springer Publishing Company
- Buchanan, T. W., Bagley, S. L., Stansfield, R. B., & Preston, S. D. (2012). The empathic, physiological resonance of stress. *Social Neuroscience*, 7(2), 191–201. <https://doi.org/10.1080/17470919.2011.588723>

- Buhle, J. T., Silvers, J. A., Wage, T. D., Lopez, R., Onyemekwu, C., Kober, H., Webe, J., & Ochsner, K. N. (2014). Cognitive reappraisal of emotion: A meta-analysis of human neuroimaging studies. *Cerebral Cortex*, 24(11), 2981–2990. <https://doi.org/10.1093/cercor/bht154>
- Butler, E. A., Egloff, B., Wilhelm, F. H., Smith, N. C., Erickson, E. A., & Gross, J. J. (2003). The Social Consequences of Expressive Suppression. *Emotion*, 3(1), 48–67. <https://doi.org/10.1037/1528-3542.3.1.48>
- Butler, E. A., Lee, T. L., & Gross, J. J. (2007). Emotion regulation and culture: Are the social consequences of emotion suppression culture-specific? *Emotion*, 7(1), 30–48. <https://doi.org/10.1037/1528-3542.7.1.30>
- Butler, R. M., Boden, M. T., Olino, T. M., Morrison, A. S., Goldin, P. R., Gross, J. J., & Heimberg, R. G. (2018). Emotional clarity and attention to emotions in cognitive behavioral group therapy and mindfulness-based stress reduction for social anxiety disorder. *Journal of Anxiety Disorders*, 55, 31–38. <https://doi.org/10.1016/j.janxdis.2018.03.003>
- Carrasco Ortiz, M. A., Delgado Egido, B., Barbero García, M. I., Holgado Tello, F. P., & Del Barrio Gándara, M. V. (2011). Psychometric properties of the Interpersonal Reactivity Index in Spanish child and adolescent population. *Psicothema*, 23(4), 824–831. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22047879>
- Cliffordson C & Väst H (2001) Parent's Judgments and Students' Self-Judgments of Empathy: The Structure of Empathy and Agreement of Judgment Based on the Interpersonal Reactivity Index (IRI) Grades: Comparability, prognostic validity and effects on learning View project Grade and grad. *European Journal of Psychological Assessment*, December. <https://doi.org/10.1027/1015-5759.17.1.36>
- Cohen, N., Margulies, D. S., Ashkenazi, S., Schaefer, A., Taubert, M., Henik, A., Villringer, A., & Okon-Singer, H. (2016). Using executive control training to suppress amygdala reactivity to aversive information. *NeuroImage*, 125, 1022–1031. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.10.069>
- Cohodes, E. M., Rivera, L., Oliver Bucio, G., & Noroña, C. R. (2014). *Emotion Regulation Questionnaire (ERQ); Spanish translation. Translated in collaboration with original ERQ author, James Gross, PhD, and available at: http://spl.stanford.edu/resources.html. 2003, 2003.*

- Craig, A. D. (2009). How do you feel — now? The anterior insula and human awareness. *Nature Reviews Neuroscience*, 10, 59–70. <https://doi.org/10.3109/14639239509024284>
- Davis, M. H. (1983). Measuring individual differences in empathy: Evidence for a multidimensional approach. *Journal of Personality and Social Psychology*, 44(1), 113–126. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.44.1.113>
- De Vignemont, F. & Singer, T. (2006). The empathic brain: how, when and why? *Trends in Cognitive Sciences*, 10(10), 435–441. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2006.08.008>
- De Waal, F. (2008). Putting the Altruism Back into Altruism: The Evolution of Empathy. *Annual Review of Psychology*, 59(1), 279–300. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.59.103006.093625>
- De Waal F. (2012) The Antiquity of Empathy. *Science*, 336(6083), 874–876. <https://doi.org/10.1126/science.1220999>.
- De Waal, F. & Preston, S. D. (2017). Mammalian empathy: Behavioural manifestations and neural basis. *Nature Reviews Neuroscience*, 18(8), 498–509. <https://doi.org/10.1038/nrn.2017.72>
- Decety, J. (2011) Dissecting the neural mechanisms mediating empathy. *Emotion Review*, 3(1), 92–108. <https://doi.org/10.1177/1754073910374662>
- Decety, J., & Knafo, A. (2015). Empathy. *Brain Mapping: An Encyclopedic Reference*, 3, 191–194. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397025-1.00177-9>
- Decety, J., Bartal, I. B. A., Uzefovsky, F. & Knafo-Noam, A. (2016). Empathy as a driver of prosocial behaviour: Highly conserved neurobehavioural mechanisms across species. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 371(1686). <https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0077>
- Decety, J. & Svetlova, M. (2012). Putting together phylogenetic and ontogenetic perspectives on empathy. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 2(1), 1–24. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2011.05.003>
- Delon-Martin, C., Plailly, J., Fonlupt, P., Veyrac, A., & Royet, J. P. (2013). Perfumers' expertise induces structural reorganization in olfactory brain regions. *NeuroImage*, 68, 55–62. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.11.044>

- Deng, Z., Wei, D., Xue, S., Du, X., Hitchman, G. & Qiu, J. (2014) Regional gray matter density associated with emotional conflict resolution: Evidence from voxel-based morphometry. *Neuroscience*, 275, 500–507. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2014.06.040>
- Dörfel, D., Lamke, J. P., Hummel, F., Wagner, U., Erk, S., & Walter, H. (2014). Common and differential neural networks of emotion regulation by detachment, reinterpretation, distraction, and expressive suppression: A comparative fMRI investigation. *NeuroImage*, 101, 298–309. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2014.06.051>
- Draganski, B., Gaser, C., Busch, V., Schuierer, G., Bogdahn, U., & May, A. (2004). Changes in grey matter induced by training. *Nature*, 427, 311–312. <https://doi.org/10.1038/427311a>
- Eisenberg N, Spinrad TL & Morris A (2013) Empathy-Related Responding in Children. In M. Killen & J. G. Smetana (Eds.), *Handbook of Moral Development* (2nd ed., pp. 184–207). Psychology Press. <https://doi.org/10.4324/9780203581957>
- Ekman, P. (1972). Universals and Cultural Differences in Facial Expressions of Emotion BT - Nebraska Symposium on Motivation. En *Nebraska Symposium on Motivation* (Vol. 19, pp. 207–282). [papers3://publication/uuid/FDC5E29A-0E28-4DDF-B1A4-F53FEE0B4F70](https://doi.org/10.1037/0098-6460.19.1.207)
- Ekman P. (2003). *Emotions Revealed*. New York Times Books.
- Elliott, R., Bohart, A. C., Watson, J. C., & Greenberg, L. S. (2011). Empathy. *Psychotherapy*, 48(1), 43–49. <https://doi.org/10.1037/a0022187>
- Engen, H. G., & Singer, T. (2013). Empathy circuits. *Current Opinion in Neurobiology*, 23(2), 275–282. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2012.11.003>
- Enzi, B., Amirie, S. & Brüne, M. (2016) Empathy for pain-related dorsolateral prefrontal activity is modulated by angry face perception. *Experimental Brain Research*, 234(11), 3335–3345. <https://doi.org/10.1007/s00221-016-4731-4>
- 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*, 117, 305–310. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.05.038>
- Escrivá, V. M., Navarro, M. D. F., & García, P. S. (2004). Measuring empathy: The interpersonal reactivity index. *Psicothema*, 16(2), 255–260.

- Etkin, A., Büchel, C., & Gross, J. J. (2015) The neural bases of emotion regulation. *Nature Reviews Neuroscience*, 16(11), 693–700. <https://doi.org/10.1038/nrn4044>
- Evans-Jones, C., Peters, E., & Barker, C. (2009) The therapeutic relationship in CBT for psychosis: Client, therapist and therapy factors. *Behavioural and Cognitive Psychotherapy*, 37(5), 527–540. <https://doi.org/10.1017/S1352465809990269>
- Fabbri-Destro, M., & Rizzolatti, G. (2008). Mirror neurons and mirror systems in monkeys and humans. *Physiology*, 23(3), 171–179. <https://doi.org/10.1152/physiol.00004.2008>
- 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 and Biobehavioral Reviews*, 35(3), 903–911. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2010.10.009>
- Fiave, P. A., Sharma, S., Jastorff, J., & Nelissen, K. (2018). Investigating common coding of observed and executed actions in the monkey brain using cross-modal multi-variate fMRI classification. *NeuroImage*, 178(November 2017), 306–317. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2018.05.043>
- Gallo, S., Paracampo, R., Müller-Pinzler, L., Severo, M. C., Blömer, L., Fernandes-Henriques, C., Henschel, A., Lammes, B. K., Maskaljunas, T., Suttrup, J., Avenanti, A., Keysers, C., & Gazzola, V. (2018) The causal role of the somatosensory cortex in prosocial behaviour. *ELife*, 7, 1–31. <https://doi.org/10.7554/eLife.32740>
- Genovese, C. R., Lazar, N. A., & Nichols, T. (2002). Thresholding of statistical maps in functional neuroimaging using the false discovery rate. *NeuroImage* 15 (4), 870–878
- Georgy, L., Lewis, J. D., Bezgin, G., Diano, M., Celeghin, A., Evans, A. C., Tamietto, M., & Ptito, A. (2020). Changes in peri-calcarine cortical thickness in blindsight. *Neuropsychologia*, 143(April), 107463. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2020.107463>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.06.028>
- Goerlich, K. S., Votinov, M., Lammertz, S.E., Winkler, L., Spreckelmeyer, K.N., Habel, U., Gründer, G. & Gossen, A. (2017) Effects of alexithymia and empathy on the neural processing of social and

monetary rewards. *Brain Structure and Function*, 222(5), 2235–2250.

<https://doi.org/10.1007/s00429-016-1339-1>

Goldman, A. (2006). *Simulating Minds: The Philosophy, Psychology, and Neuroscience of Mindreading*. Oxford University Press.

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.

<https://doi.org/10.1017/S003329171500032X>

Good, C. D., Johnsrude, I. S., Ashburner, J., Henson, R. N. A., Friston, K. J., & Frackowiak, R. S. J. (2001). A voxel-based morphometric study of ageing in 465 normal adult human brains. *NeuroImage*, 14(1 I), 21–36. <https://doi.org/10.1006/nimg.2001.0786>

Grande-García, I. (2009). Neurociencia social: El maridaje entre la psicología social y las neurociencias cognitivas. Revisión e introducción a una nueva disciplina. *Anales de Psicología*, 25(1), 1–20.

Greve, D. N. (2011). An Absolute Beginner's Guide to Surface- and Voxel-based Morphometric Analysis. *Proc. Intl. Soc. Mag. Reson. Med.*, 19.

Griffiths, P. E. (1997). What Emotions Really are: The Problem of Psychological Categories. *The Philosophical Review*, 108(1). The University of Chicago Press, Ltd.

Gross, J. J. (1998). The emerging field of emotion regulation: An integrative review. *Review of General Psychology*, 2(3), 271–299. <https://doi.org/10.1037/1089-2680.2.3.271>

Gross, J. J. (2001). Emotion regulation in adulthood: Timing is everything. *Current Directions in Psychological Science*, 10(6), 214–219. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.00152>

Gross JJ (2002) Emotion regulation: Affective, cognitive, and social consequences. *Psychophysiology*, 39(3), 281–291. <https://doi.org/10.1017/S0048577201393198>

Gross, J. J. (2014). Emotion Regulation: Conceptual and Empirical Foundations. En J. J. Gross (Ed.), *Handbook of Emotion Regulation* (2<sup>a</sup> Ed., pp. 3–22). The Guilford Press.

Gyurak, A., Gross, J. J., & Etkin, A. (2011). Explicit and implicit emotion regulation: A dual-process framework. *Cognition & Emotion*, 25(3), 400–412. <https://doi.org/10.1080/02699931.2010.544160>

- Haier, R. J., Karama, S., Leyba, L., & Jung, R. E. (2009). MRI assessment of cortical thickness and functional activity changes in adolescent girls following three months of practice on a visual-spatial task. *BMC Research Notes*, 2. <https://doi.org/10.1186/1756-0500-2-174>
- Harenski, C. L., & Hamann, S. (2006). Neural correlates of regulating negative emotions related to moral violations. *NeuroImage*, 30(1), 313–324. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.09.034>
- Hassenstab, J., Dziobek, I., Rogers, K., Wolf, O. T. & Convit, A. (2007) Knowing what others know, feeling what others feel: A controlled study of empathy in psychotherapists. *Journal of Nervous and Mental Disease*, 195(4), 277–281. <https://doi.org/10.1097/01.nmd.0000253794.74540.2d>
- Hervais-Adelman, A., Moser-Mercer, B., Murray, M. M., & Golestani, N. (2017). Cortical thickness increases after simultaneous interpretation training. *Neuropsychologia*, 98, 212–219. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2017.01.008>
- Hoffman, M. L. (1975). Developmental synthesis of affect and cognition and its implications for altruistic motivation. *Developmental Psychology*, 11(5), 607–622. <https://doi.org/10.1037//0012-1649.11.5.607>
- Horvath, A. O. (2001). The Alliance. *Psychotherapy Theory Research & Practice*, 38(4), 365–372. <https://doi.org/10.1037/0033-3204.38.4.365>
- Horvath, A. O. (2006). The alliance in context: Accomplishments, challenges, and future directions. *Psychotherapy*, 43(3), 258–263. <https://doi.org/10.1037/0033-3204.43.3.258>
- Hutton, C., Draganski, B., Ashburner, J., & Weiskopf, N. (2009). A comparison between voxel-based cortical thickness and voxel-based morphometry in normal aging. *NeuroImage*, 48(2), 371–380. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.06.043>
- Izard, C. E. (2007). Basic Emotions, Natural Kinds, Emotion Schemas, and a New Paradigm. *Perspectives on Psychological Science*, 2(3), 260–280. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6916.2007.00044.x>
- Izard, C. E. (2009). Emotion Theory and Research: Highlights, Unanswered Questions, and Emerging Issues. *Annual Review of Psychology*, 60(1), 1–25. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.60.110707.163539>

- Keifer, O. P., Hurt, R. C., Gutman, D. A., Keilholz, S. D., Gourley, S. L., & Ressler, K. J. (2015). Voxel-based morphometry predicts shifts in dendritic spine density and morphology with auditory fear conditioning. *Nature Communications*, 6(May), 1–12. <https://doi.org/10.1038/ncomms8582>
- Kharabian Masouleh, S., Eickhoff, S. B., Zeighami, Y., Lewis, L. B., Dahnke, R., Gaser, C., Chouinard-Decorte, F., Lepage, C., Scholtens, L. H., Hoffstaedter, F., Glahn, D. C., Blangero, J., Evans, A. C., Genon, S., & Valk, S. L. (2020). Influence of Processing Pipeline on Cortical Thickness Measurement. *Cerebral Cortex*, 1–14. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhaa097>
- Kilner, J. M., & Lemon, R. N. (2013). What we know currently about mirror neurons. *Current Biology*, 23(23), R1057–R1062. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.10.051>
- Kirschenbaum, H. (2015). Rogers, Carl Ransom (1902-87). *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences: Second Edition*, 20, 737–743. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-097086-8.61113-3>
- Kohn, N., Eickhoff, S. B., Scheller, M., Laird, A. R., Fox, P. T., & Habel, U. (2014). Neural network of cognitive emotion regulation — An ALE meta-analysis and MACM analysis. *NeuroImage*, 87, 345–355. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.11.001>
- Koole, S. L., & Tschacher, W. (2016). Synchrony in psychotherapy: A review and an integrative framework for the therapeutic alliance. *Frontiers in Psychology*, 7(June), 1–17. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00862>
- Lamm, C., Batson, C. D., & Decety, J. (2007). The neural substrate of human empathy: Effects of perspective-taking and cognitive appraisal. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(1), 42–58. <https://doi.org/10.1162/jocn.2007.19.1.42>
- Lamm, C., Nausbaum, H. C., Meltzoff, A. N., & Decety, J. (2007). 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). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0001292>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.10.014>



- LeDoux, J. (1998). *The Emotional Brain: The Mysterious Underpinnings of Emotional Life*. Simon & Schuster.
- LeDoux, J. & Damasio, A. (2013). Emotions & Feelings. En E. R. Kandel, J. H. Schwartz, T. M. Jessel, S. A. Siegelbaum, & A. J. Hudspeth (Eds.), *Principles of Neural Science* (5th Ed, pp. 1079 - 1094). McGraw-Hill.
- Legault, J., Fang, S. Y., Lan, Y. J., & Li, P. (2019). Structural brain changes as a function of second language vocabulary training: Effects of learning context. *Brain and Cognition*, 134(December 2017), 90–102. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2018.09.004>
- Lehmann, M., Crutch, S. J., Ridgway, G. R., Ridha, B. H., Barnes, J., Warrington, E. K., Rossor, M. N., & Fox, N. C. (2011). Cortical thickness and voxel-based morphometry in posterior cortical atrophy and typical Alzheimer's disease. *Neurobiology of Aging*, 32(8), 1466–1476. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2009.08.017>
- Lerch, J. P., & Evans, A. C. (2005). Cortical thickness analysis examined through power analysis and a population simulation. *NeuroImage*, 24(1), 163–173. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2004.07.045>
- Lerch, J., Hammill, C., van Eede, M., & Cassel, D. (2017). RMINC: Statistical Tools for Medical Imaging NetCDF (MINC) Files. R package version 1.5.2.1, <http://mouse-imaging-centre.github.io/RMINC>.
- Lerch, J.P., Van Der Kouwe, A. J. W., Raznahan, A., Paus, T., Johansen-Berg, H., Miller, K.L., Smith, S.M., Fischl, B. & Sotiropoulos, S.N. (2017) Studying neuroanatomy using MRI. *Nature Neuroscience*, 20(3), 314–326. <https://doi.org/10.1038/nn.4501>
- Lipps, T. (1903) Einföhlung, innere Nachahmung und Organempfindung. *Archiv für die gesamte Psychologie* 1:465–519.
- MacDonald, D., Kabani, N., Avis, D., & Evans, A. C. (2000). Automated 3-D extraction of inner and outer surfaces of cerebral cortex from MRI. *NeuroImage*, 12(3), 340–356. <https://doi.org/10.1006/nimg.1999.0534>

- MacFarlane, P., Anderson, T., & McClintock, A. S. (2017). Empathy from the client's perspective: A grounded theory analysis. *Psychotherapy Research, 27*(2), 227–238.  
<https://doi.org/10.1080/10503307.2015.1090038>
- Madre, M., Canales-Rodríguez, E. J., Fuentes-Claramonte, P., Alonso-Lana, S., Salgado-Pineda, P., Guerrero-Pedraza, A., Moro, N., Bosque, C., Gomar, J. J., Ortíz-Gil, J., Goikolea, J. M., Bonnin, C. M., Vieta, E., Sarró, S., Maristany, T., McKenna, P. J., Salvador, R., & Pomarol-Clotet, E. (2020). Structural abnormality in schizophrenia versus bipolar disorder: A whole brain cortical thickness, surface area, volume and gyrification analyses. *NeuroImage: Clinical, 25*(November 2019), 102131. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2019.102131>
- Maguire, E. A., Gadian, D. G., Johnsrude, I. S., Good, C. D., Ashburner, J., Frackowiak, R. S. J., & Frith, C. D. (2000). Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 97*(8), 4398–4403.  
<https://doi.org/10.1073/pnas.070039597>
- Maguire, Eleanor A., Woollett, K., & Spiers, H. J. (2006). London taxi drivers and bus drivers: A structural MRI and neuropsychological analysis. *Hippocampus, 16*(12), 1091–1101.  
<https://doi.org/10.1002/hipo.20233>
- Mallon, R. (2016). *The Construction of Human Kinds*. Oxford University Press.
- Manjón, J. V., & Coupé, P. (2016). Volbrain: An online MRI brain volumetry system. *Frontiers in Neuroinformatics, 10*(JUL), 1–14. <https://doi.org/10.3389/fninf.2016.00030>
- Moltz, H. (1965). Contemporary instinct theory and the fixed action pattern. *Psychological Review, 72*(1), 27–47. <https://doi.org/10.1037/h0020275>
- Muntigl, P., Chubak, L., & Angus, L. (2017). Entering chair work in psychotherapy: An interactional structure for getting emotion-focused talk underway. *Journal of Pragmatics, 117*, 168–189.  
<https://doi.org/10.1016/j.pragma.2017.06.016>
- Muraskin, J., Sherwin, J., & Sajda, P. (2015). Knowing when not to swing: EEG evidence that enhanced perception-action coupling underlies baseball batter expertise. *NeuroImage, 123*, 1–10.  
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.08.028>

- Ochsner, K. N., & Gross, J. J. (2005). The cognitive control of emotion. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(5), 242–249. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2005.03.010>
- Ochsner, K. N., Knierim, K., Ludlow, D. H., Hanelin, J., Ramachandran, T., Glover, G., & Mackey, S. C. (2004). Reflecting upon feelings: An fMRI study of neural systems supporting the attribution of emotion to self and other. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(10), 1746–1772. <https://doi.org/10.1162/0898929042947829>
- Olalde-Mathieu, V., Sassi, F., Reyes-Aguilar, A., Mercadillo, R., Alcauter, S. & Barrios F (2020) Greater Empathic Abilities and Their Correlation With Resting State Brain Connectivity in Psychotherapists Compared To Non-Psychotherapists. <https://doi.org/10.1101/2020.07.01.182998>
- Pletzer JL, Sanchez X & Scheibe S (2015) Practicing psychotherapists are more skilled at downregulating negative emotions than other professionals. *Psychotherapy*, 52(3), 346–350. <https://doi.org/10.1037/a0039078>
- Preston, S. D. (2013). The origins of altruism in offspring care. *Psychological Bulletin*, 139(6), 1305–1341. <https://doi.org/10.1037/a0031755>
- Preston, S. D., & de Waal, F. B. M. (2002). Empathy: Its ultimate and proximate bases. *Behavioral and Brain Sciences*, 25(1), 1–20. <https://doi.org/10.1017/S0140525X02000018>
- Prikhidko A & Swank JM (2018) Emotion Regulation for Counselors. *Journal of Counseling and Development*, 96(2), 206–212. <https://doi.org/10.1002/jcad.12193>
- Prinz, W. (1997). Perception and Action Planning. *European Journal of Cognitive Psychology*, 9(2), 129–154. <https://doi.org/10.1080/713752551>
- R Core Team (2020) R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing*, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>
- Ramanoël, S., Hoyau, E., Kauffmann, L., Renard, F., Pichat, C., Boudiaf, N., Krainik, A., Jaillard, A., & Baciú, M. (2018). Gray matter volume and cognitive performance during normal aging. A voxel-based morphometry study. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 10(AUG), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2018.00235>

- Raskin, N. J. (2001). Person-centered Psychotherapy. In *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences* (pp. 11330–11333). Elsevier.  
<https://doi.org/10.1016/B0-08-043076-7/01306-1>
- Redolfi, A., Manset, D., Barkhof, F., Wahlund, L. O., Glatard, T., Mangin, J. F., & Frisoni, G. B. (2015). Head-to-head comparison of two popular cortical thickness extraction algorithms: A cross-sectional and longitudinal study. *PLoS ONE*, 10(3), 1–22.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0117692>
- Reeck, C., Ames, D. R., & Ochsner, K. N. (2016). The Social Regulation of Emotion: An Integrative, Cross-Disciplinary Model. *Trends in Cognitive Sciences*, 20(1), 47–63.  
<https://doi.org/10.1016/j.tics.2015.09.003>
- Richards, J. M., & Gross, J. J. (2000). Emotion regulation and memory: The cognitive costs of keeping one's cool. *Journal of Personality and Social Psychology*, 79(3), 410–424.  
<https://doi.org/10.1037/0022-3514.79.3.410>
- Rizzolatti, G., & Craighero, L. (2004). The mirror-neuron system. *Annual Review of Neuroscience*, 27(February), 169–192. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.27.070203.144230>
- Rolls, E. T. (2016). *Cerebral Cortex: Principles of Operation*. Oxford University Press
- Rorden C & Brett M (2000) Stereotaxic display of brain lesions. *Behavioural Neurology*, 12, 191–200.  
[www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/](http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/)
- Sang, H. K., & Hamann, S. (2007). Neural correlates of positive and negative emotion regulation. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(5), 776–798. <https://doi.org/10.1162/jocn.2007.19.5.776>
- Sayward, C. (2003). A Defense of Mill on Other Minds. *Wiley*, 57(3), 315–322.
- Scarantino, Andrea & Ronald de Sousa, Emotion. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Winter 2018 Edition)*, Edward N. Zalta (ed.), URL= <https://plato.stanford.edu/archives/win2018/entries/emotion/>
- Sied, J. G., Zijdenbos, A. P., & Evans, A. C. (1998). A nonparametric method for automatic correction of intensity nonuniformity in mri data. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 17(1), 87–97.  
<https://doi.org/10.1109/42.668698>
- Simner, M. L. (1971). Newborn's response to the cry of another infant. *Developmental Psychology*, 5(1), 136–150. <https://doi.org/10.1037/h0031066>

- Singer, T., & Lamm, C. (2009). The social neuroscience of empathy. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1156, 81–96. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.04418.x>
- Singer, T., Seymour, B., O’Doherty, J., Kaube, H., Dolan, R. J., & Frith, C. D. (2004). Empathy for Pain Involves the Affective but not Sensory Components of Pain. *Science*, 303(5661), 1157–1162. <https://doi.org/10.1126/science.1093535>
- Smoski, M. J., Keng, S. L., Ji, J. L., Moore, T., Minkel, J., & Dichter, G. S. (2014). Neural indicators of emotion regulation via acceptance vs reappraisal in remitted major depressive disorder. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 10(9), 1187–1194. <https://doi.org/10.1093/scan/nsv003>
- Stueber, K. Empathy, *The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Fall 2019 Edition)*, Edward N. Zalta (ed.), URL = <<https://plato.stanford.edu/archives/fall2019/entries/empathy/>>
- Tustison, N. J., Cook, P. A., & Gee, J. C. (2011). *N4Itk*. 29(6), 1310–1320. <https://doi.org/10.1109/TMI.2010.2046908.N4ITK>
- Uribe, C., Puig-Davi, A., Abos, A., Baggio, H. C., Junque, C., & Segura, B. (2019). Neuroanatomical and functional correlates of cognitive and affective empathy in young healthy adults. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 13(May), 1–8. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2019.00085>
- Urry, H. L., Van Reekum, C. M., Johnstone, T., Kalin, N. H., Thurow, M. E., Schaefer, H. S., Jackson, C. A., Frye, C. J., Greischar, L. L., Alexander, A. L., & Davidson, R. J. (2006). Amygdala and ventromedial prefrontal cortex are inversely coupled during regulation of negative affect and predict the diurnal pattern of cortisol secretion among older adults. *Journal of Neuroscience*, 26(16), 4415–4425. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3215-05.2006>
- Valk, S. L., Bernhardt, B. C., Böckler, A., Trautwein, F. M., Kanske, P., & Singer, T. (2017). Socio-Cognitive Phenotypes Differentially Modulate Large-Scale Structural Covariance Networks. *Cerebral Cortex* (New York, N.Y. : 1991), 27(2), 1358–1368. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhv319>
- Völlm, B. A., Taylor, A. N. W., Richardson, P., Corcoran, R., Stirling, J., McKie, S., Deakin, J. F. W., & Elliott, R. (2006). Neuronal correlates of theory of mind and empathy: A functional magnetic resonance imaging study in a nonverbal task. *NeuroImage*, 29(1), 90–98. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.07.022>

- Vrtička, P., Sander, D., & Vuilleumier, P. (2011). Effects of emotion regulation strategy on brain responses to the valence and social content of visual scenes. *Neuropsychologia*, 49(5), 1067–1082. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.02.020>
- Wadlinger, H. A., & Isaacowitz, D. M. (2011). Fixing our focus: Training attention to regulate emotion. *Personality and Social Psychology Review*, 15(1), 75–102. <https://doi.org/10.1177/1088868310365565>
- Wampold, B. & Imel, Z. (2015). *The Great Psychotherapy Debate: The Evidence for What Makes Psychotherapy Work*, 2nd ed. Routledge: Taylor & Francis Group
- Whitwell, J. L. (2009). Voxel-based morphometry: An automated technique for assessing structural changes in the brain. *Journal of Neuroscience*, 29(31), 9661–9664. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2160-09.2009>
- Wicker, B., Keysers, C., Plailly, J., Royet, J. P., Gallese, V., & Rizzolatti, G. (2003). Both of us disgusted in My insula: The common neural basis of seeing and feeling disgust. *Neuron*, 40(3), 655–664. [https://doi.org/10.1016/S0896-6273\(03\)00679-2](https://doi.org/10.1016/S0896-6273(03)00679-2)
- Xie, X., Mulej Bratec, S., Schmid, G., Meng, C., Doll, A., Wohlschläger, A., Finke, K., Förstl, H., Zimmer, C., Pekrun, R., Schilbach, L., Riedl, V., & Sorg, C. (2016). How do you make me feel better? Social cognitive emotion regulation and the default mode network. *NeuroImage*, 134, 270–280. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.04.015>
- Yue, T., Pan, W., & Huang, X. (2016). The relationship between trait positive empathy and brain structure: A voxel-based morphometry study. *NeuroReport*, 27(6), 422–426. <https://doi.org/10.1097/WNR.0000000000000557>
- Zahn-Waxler, C., & Radke-Yarrow, M. (1990). The origins of empathic concern. *Motivation and Emotion*, 14(2), 107–130. <https://doi.org/10.1007/BF00991639>
- Zaki, J., & Ochsner, K. (2012). The neuroscience of empathy: Progress, pitfalls and promise. *Nature Neuroscience*, 15(5), 675–680. <https://doi.org/10.1038/nn.3085>
- Zaki, J., Weber, J., Bolger, N., & Ochsner, K. (2009). The neural bases of empathic accuracy. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(27), 11382–11387. <https://doi.org/10.1073/pnas.0902666106>

Zaki, J., Weber, J., & Ochsner, K. (2012). Task-dependent neural bases of perceiving emotionally expressive targets. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6(AUGUST), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2012.00228>

Zijdenbos, A. P., Forghani, R., & Evans, A. C. (2002). Automatic “pipeline” analysis of 3-D MRI data for clinical trials: Application to multiple sclerosis. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 21(10), 1280–1291. <https://doi.org/10.1109/TMI.2002.806283>

Zilcha-Mano, S. (2017). Is the alliance really therapeutic? Revisiting this question in light of recent methodological advances. *American Psychologist*, 72(4), 311–325. <https://doi.org/10.1037/a0040435>