

Franzan, María Emilia

Activación cerebral diferencial en la prueba de reconocimiento de emociones faciales UNCEEF mediante la utilización de resonancia magnética funcional

Maestría en Neuropsicología

Tesis 2019

Cita sugerida: Franza ME. Activación cerebral diferencial en la prueba de reconocimiento de emociones faciales UNCEEF mediante la utilización de resonancia magnética funcional [tesis de maestría] [Internet]. [Buenos Aires]: Instituto Universitario Hospital Italiano de Buenos Aires; 2019 [citado AAAA MM DD]. 110 p. Disponible en: <http://trovare.hospitalitaliano.org.ar/descargas/tesisytr/20220531160217/tesis-franza-maria.pdf>

Este documento integra la colección Tesis y trabajos finales de Trovare Repositorio del Institucional del Instituto Universitario Hospital Italiano de Buenos Aires y del Hospital Italiano de Buenos Aires. Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

Para más información visite el sitio <http://trovare.hospitalitaliano.org.ar/>





Instituto Universitario
Hospital Italiano

**“Activación Cerebral Diferencial en la Prueba de
Reconocimiento de Emociones Faciales UNCEEF
mediante la utilización de
Resonancia Magnética Funcional”**

Presentada en cumplimiento de los requisitos para la obtención del título
de la

MAESTRÍA EN NEUROPSICOLOGÍA

Ante el

**Instituto Universitario Escuela de Medicina Hospital Italiano de
Buenos Aires**

Autora: Lic. FRANZAN, María Emilia.

Director: Dr. REDONDO, Santiago

Co-Directora: Dra. CARPINELLA, Mariela.

- Mayo del 2019-

Agradecimientos

A Mariela Carpinella y Santiago Redondo por su dedicación, por el tiempo dedicado a impulsarme al conocimiento y acompañarme en estos años de investigación.

Al Instituto Conci-Carpinella y a sus directores, René Conci, Diego Conci y Pablo Carpinella por su generosidad en ofrecer tanto el resonador magnético como consultorios, staff profesional y equipo técnico que hicieron que este trabajo sea posible.

A Francisco Zabert, mi compañero de vida, por su paciencia, por apoyarme y estimularme a continuar avanzando en mis proyectos personales y académicos.

A mi familia por su apoyo incondicional.

A las amigas que me presento la cursada de la maestría por compartir el amor a esta disciplina y grandes momentos de alegría: Ana Bonifacio, Carolina Carriquiry, María Martha Muñiz, Maria del Carmen Ronconi, Melisa Godoy, Lujan Taurisano y Maite Vara.

A mis amigos de la ciudad de Córdoba: Aylén Wilberger, Eugenia Dahbar, Eugenia Bianchi, Luciana Pastorino, Macarena Pons, Martin Codorniu, Victoria Gache, Alejandra Rocha y Noelia Benschart por estar y acompañarme también en momentos de investigación y trabajo.

A todos los voluntarios que participaron gentilmente en el presente estudio con el objetivo de contribuir a trabajos científicos en nuestro medio local.

A la Dra. Figiacone por su comprensión y amabilidad.

Al Instituto Universitario del Hospital Italiano por ofrecer esta instancia de formación académica en el área de la Neuropsicología Clínica en nuestro país.

Resumen

El **Reconocimiento de Emociones Faciales (REF)** es una habilidad fundamental para convivir en el mundo social, ya que mediante las expresiones se obtiene información no verbal que nos permite detectar el estado emocional de otra persona, saber cómo responder frente a interacciones complejas, sentir aprobación o rechazo. Por tal motivo, es que se ha creado en nuestra población una prueba adaptada y baremada como una nueva herramienta de evaluación, denominada **Universidad Nacional de Córdoba Evaluación de Emociones Faciales (UNCEEF)** (Pereno, Vaiman y Caicedo, 2015) donde se evalúa la capacidad de reconocer rostros que expresan 6 emociones: *alegría, tristeza, miedo, asco, ira, sorpresa*, y caras *neutras*. Existe una amplia evidencia científica sobre redes de activación cerebral y la utilización de métodos de exploración funcional en el REF; sin embargo, la literatura muestra una gran variabilidad metodológica en su evaluación, y no existen antecedentes en el registro de la actividad cerebral en nuestro medio local. A partir del desarrollo de la prueba UNCEEF, el objetivo del presente trabajo fue analizar sus redes neuronales funcionales mediante la utilización de **Imágenes de Resonancia Magnética funcional (IRMf)**. Se aplicaron pruebas a 30 voluntarios evaluados mediante diseño de bloques en un Resonador Magnético de 1.5 teslas, y se analizaron los datos de 17 participantes, que cumplieron con todos los requisitos de inclusión y exclusión, mediante el software SPM12. Los resultados mostraron datos en consonancia con estudios previos, evidenciando **activaciones en las regiones giros frontales inferior, medio, medial y superior; giro cingular; ínsula; giros pre-post centrales; giros temporales superiores y medios, giro parahipocampal e hipocampo; giros fusiformes; giro lingual; giros occipitales inferior y superior; giro parietal inferior y superior; cerebelo; núcleo caudado; núcleo lentiforme y tálamos**. Se observó menor respuesta hemodinámica en comparación con bibliografía previa en regiones amigdalinas. En cuanto al **índice de lateralidad**, los resultados obtenidos coinciden con antecedentes bibliográficos donde se observa *activación bilateral*, como así también cierta asimetría asociada a la *valencia de emociones positiva y negativa*, observando mayor dominancia del hemisferio izquierdo para emociones de valencia negativa (asco, ira y tristeza) y del hemisferio derecho para las de valencia positiva (alegría). Como aporte novedoso, se observó consistentemente una respuesta hemodinámica diferencial en regiones como el tálamo, y los giros frontales inferior, medio y superior, extendiendo las regiones de activación común. Las activaciones diferenciales que respondieron a la particularidad de cada emoción resultaron un aporte más en el REF dentro de la clínica neuropsicológica. Los hallazgos del presente trabajo constituyen un aporte a la premisa de que el REF permite un rastreo de funciones cognitivas y emocionales en regiones cerebrales corticales y subcorticales, permitiendo desarrollar un instrumento con impacto en la evaluación clínica de patologías neurológicas y psiquiátricas.

Índice

Agradecimientos	1
Resumen	2
CAPITULO 1: Introducción y Marco Teórico	5
1.1 Introducción	6
1.2. Marco Teórico	9
1.2.1 Neurobiología de las Emociones: breve reseña histórica.	9
1.2.2 Reconocimiento de Emociones Faciales (REF)	11
1.2.3. Afectación en la capacidad de reconocer emociones faciales en patologías neurológicas y psiquiátricas.	16
1.2.4. Activación Cerebral Diferencial y Redes Funcionales Implicadas en el RFE mediante el uso de IRMf	18
1.2.5. Activación Cerebral Diferencial y RFE en patologías neurológicas y psiquiátricas mediante el uso de IRMf.	24
1.2.6. Técnica de Imagen por Resonancia Magnética Funcional (IRMf)	29
CAPÍTULO 2: Objetivos de Investigación	31
2.1. Objetivo General	32
2.2. Objetivos Específicos	32
CAPÍTULO 3: Materiales y Métodos	33
3.1 Selección de la Muestra	34
3.1.1 Participantes	35
3.2 Aplicación de Instrumentos	35
3.2.1 Test Neuropsicológicos Utilizados.	35
3.2.2. Características del Resonador Magnético Funcional Utilizado	39
3.3. Diseño Metodológico.	39
3.4. Post-procesamiento	41
3.5. Cálculo de Índice de Lateralidad	44
3.6. Procedimiento.	44
3.6.1. Primera sesión experimental en IRMf	47
3.6.2. Segunda sesión experimental en IRMf	48
3.6.3. Tercera sesión experimental en IRMf	49
CAPÍTULO 4: Resultados	51
4. Resultados Obtenidos:	
4.1. Reconocimiento de Emociones Faciales vs. Condición de Reposo Fijación	52
4.1.1. Alegría vs. Reposo Fijación	
4.1.2. Asco vs. Reposo Fijación.	53
4.1.3. Ira vs. Reposo Fijación.	55
4.1.4. Miedo vs. Reposo Fijación.	56
4.1.5. Sorpresa vs. Reposo Fijación.	58

4.1.6. Tristeza vs. Reposo Fijación.	59
4.1.7. Neutro vs. Reposo Fijación.	61
4.2. Reconocimiento de Emociones Faciales vs. Condición de Rostro Neutro	
4.2.1. Alegría vs. Rostro Neutro.	63
4.2.2. Asco vs. Rostro Neutro.	65
4.2.3. Ira vs. Rostro Neutro.	67
4.2.4. Miedo vs. Rostro Neutro.	68
4.2.5. Sorpresa vs. Rostro Neutro.	69
4.2.6. Tristeza vs. Rostro Neutro.	72
CAPÍTULO 5: Discusión y Conclusiones	77
5.1. Discusión sobre los Resultados	78
5.2 Conclusiones	90
6. Referencias Bibliográficas	92
ANEXOS	97

CAPÍTULO 1

Introducción y Marco Teórico

1.1 Introducción

El estudio de las *emociones* es uno de los más controversiales dentro del ámbito de la neuropsicología. Si bien esta temática ha sido abordada desde hace mucho tiempo mediante multiplicidad de enfoques, en el último siglo ha adquirido especial atención gracias a las publicaciones de los estudios evolucionistas de Darwin (1872/1998). A pesar de la variabilidad de definiciones que existen sobre las emociones (Ekman & Davidson, 1994), hay consenso en distinguir los tres componentes principales que la definen: *un componente neurobiológico*, la base genética en la que se expresa la emoción; *un componente cognitivo*, la evaluación que se realiza sobre la activación fisiológica y los estímulos del entorno, respaldado en la memoria de situaciones experimentadas; y *un componente social*, en el que se rescata el carácter adaptativo y funcional de la emoción. A estos tres componentes se agrega un *componente conductual*, referido a la tendencia de la actuación que genera la emoción (Lazarus, 1991). Por consiguiente, una definición lo suficientemente abarcativa de las emociones tiene en cuenta los cambios adaptativos en una multiplicidad de sistemas fisiológicos (incluyendo los componentes somáticos y neurales) en respuesta a la valoración subjetiva de un estímulo.

Por otro lado, cabe mencionar el proceso neuropsicológico implicado en reconocer una emoción, y este mismo puede derivarse de varias fuentes. Entre ellas, las principales son el *registro perceptual visual*, *el reconocimiento facial*, *la prosodia del lenguaje*, *las gesticulaciones* y *el contenido verbal del discurso* (Adolphs, 2002; Borod, 2000). Numerosas investigaciones han destacado la importancia del reconocimiento de las emociones faciales por encima del reconocimiento de las otras fuentes (Chibellushi & Bourel, 2004; Donato, Bartlett, Hager, Ekman & Sejnowski, 1999; Mehrabian, 1968); y el déficit en esta habilidad se ha asociado a numerosas patologías neurológicas y psiquiátricas, como Alzheimer, Parkinson, Depresión, Esquizofrenia y trastorno del Espectro Autista (Hooker et al., 2013; Surcinelli, Codispoti, Montebanocci, Rossi & Baldaro, 2006; Carton, Kessler & Pape, 1999; Ciarrochi, Chan & Caputi, 2000; Shimokawa et al., 2001). Es por todo esto, que los estudios sobre el reconocimiento de emociones se han focalizado principalmente en el *reconocimiento de emociones faciales (REF)*.

Por tal motivo, es que a partir del año 2012 se ha trabajado en la construcción de una prueba de RFE denominada *Universidad Nacional de Córdoba Evaluación de Emociones Faciales* (UNCEEF), que presenta nuevas fotografías tomadas a color en población de la ciudad de Córdoba, analizadas a través del *sistema de codificación de acciones faciales* (FACS por sus siglas en inglés) en el que se tiene en cuenta la contracción o relajación de los músculos de la cara agrupados en unidades de acción. El sistema de FACS fue adoptado por Ekman y Friesen (1978), quienes crearon el test de RFE de mayor aplicación en la clínica e investigación neuropsicológica: POFA (Picture of Facial Affect). Los resultados del UNCEEF muestran que el índice de *reconocimiento de las emociones faciales* es superior al 70% en todas las emociones, a excepción del reconocimiento del *miedo*, que alcanza un valor cercano al 50%. Uno de los inconvenientes que presentan el desarrollo de este tipo de pruebas es, que, por su naturaleza resulta sumamente difícil obtener la validez de criterio externo, y para que el instrumento cuente con la solidez necesaria, en este caso ha resultado conveniente el uso de imágenes de activación cerebral mediante la utilización de *imágenes de resonancia magnética funcional*.

Con el desarrollo de las técnicas de neuroimagen se ha podido estudiar la actividad cerebral, y ello proliferó sustancialmente el número de investigaciones sobre *neuroimagen funcional y emociones*, demostrando que existen redes funcionales específicas que se activan ante el reconocimiento de la expresión de emociones faciales, y que existe cierta evidencia de patrones diferenciales para cada una de ellas: *miedo, asco, sorpresa, alegría, ira y tristeza*.

A su vez, existe la hipótesis de *lateralización* de las funciones cerebrales o el procesamiento lateralizado de la información tanto sensorial, afectiva, cognitiva o emocional, y esta ha sido una temática investigada en el campo de las neurociencias durante muchos años. Pese a que los dos hemisferios están en comunicación constante se han reportados diferencias en el procesamiento entre el hemisferio izquierdo y derecho, y que si bien determinadas funciones cognitivas, como el lenguaje, audición, memoria y atención espacial están distribuidas en forma continua entre los dos hemisferios, existe una preponderancia o lateralización de uno de ellos en la mayoría de las personas (Strandberg, 2011; Szaflarski, 2006). Existen técnicas invasivas como el test de Wada, generalmente utilizado en pre quirúrgicos en la que se inyecta un material

anestésico por la arteria femoral, para determinar la lateralización hemisférica, por ejemplo del lenguaje; no obstante, con el desarrollo de técnicas de la exploración funcional del cerebro, como lo es la *Imagen de Resonancia Magnética Funcional* (IRMf), se ha avanzado en la caracterización de esta propiedad neurológica, permitiendo el análisis de la lateralidad de un modo no invasivo (Seghier, 2008).

En el presente trabajo se ha investigado sobre la *activación cerebral diferencial en la prueba de reconocimiento de emociones faciales UNCEEF mediante la utilización de Resonancia Magnética Funcional*, permitiendo analizar si las fotografías seleccionadas a partir del sistema de codificación FACS muestran patrones de activación acordes a la literatura científica, como así también, la posibilidad de ofrecer nuevos aportes al estudio del REF, proveyendo nuevos paradigmas de investigación.

En suma, este proyecto tiene como objetivo aportar al desarrollo de esta prueba en el medio local el conocimiento de las activaciones de redes neuronales funcionales obtenidas a través de IRMf.

1.2. Marco Teórico

1.2.1 Neurobiología de las Emociones: breve reseña histórica.

La expresión de las *emociones* constituye una capacidad importante para comunicar sensaciones y sentimientos, como así también, para transmitir distintos indicadores del estado emocional y proveer señales que permitan a los semejantes responder de manera adecuada ante el propio estado anímico (Ten Brinke, Macdonald, Porter, & O'Connor, 2012). Esto se debe a que el lenguaje emocional es el más primitivo, tanto en sentido filogenético como ontogenético, siendo un procesamiento fundamental para un desarrollo del individuo (Herba y Phillips, 2004). El concepto *emoción* cubre una amplia gama de estados que tienen en común a las respuestas fisiológicas, la conducta expresiva y distintos sentimientos subjetivos esenciales para la supervivencia humana. A pesar de ser demostraciones variadas entre sí, como es la *alegría, miedo, tristeza, sorpresa, enojo* y *asco*, tienen algunas características comunes, como, por ejemplo, los cambios fisiológicos y respuestas motoras estereotipadas, sobre todo los músculos faciales.

Los primeros autores en describir los circuitos cerebrales implicados en los procesos emocionales fueron McLean (1949, 1952) y Papez (1937). Ellos describieron al *sistema límbico* y el *sistema nervioso autónomo*, donde se observa la actividad de estructuras tales como el *hipotálamo, la amígdala, cíngulo anterior, hipocampo* y algunos *núcleos del tronco encefálico* (Purves et al., 2004). Mc Lean, por su parte, en la década de los sesenta presenta el modelo del *cerebro triuno* para explicar la función evolutiva del mismo y, lo divide en el complejo reptiliano, el sistema límbico, y el neocórtex (MacLean, 1993, 2001). Su teoría plantea la relación entre estructura y función, considerando que "*toda variedad de afecto*" debe ser mediada por un grupo especializado de estructuras cerebrales que colectivamente forma un sistema neural integrado. Aunque el concepto de *sistema límbico* para varios autores continúa siendo considerado cómo el cerebro propio de la emoción, actualmente su validez ha sido cuestionado tanto anatómica (LeDoux, 1991; Reiner, 1990), teórica y funcionalmente (Calder, Lawrence, & Young, 2001).

Otra línea teórica planteada en la literatura neuropsicológica de las emociones ha sido la *hipótesis del hemisferio derecho*, y posiblemente sea uno de los primeros modelos de lateralización (Mills, 1912; Sackeim & Gur, 1978; Schwartz, Davidson, y Maer, 1975). Sperry y Gazzaniga (1968) se dedicaron a investigar la lateralización de funciones de los hemisferios cerebrales con el objetivo de evaluar el perfil neuropsicológico de sujetos con lesiones tanto izquierdas como derechas para definir, a grandes rasgos, la funcionalidad de cada hemisferio (Montañes & Brigard, 2005). Según lo referido al hemisferio derecho, se conocen implicancias en funciones perceptuales, en el reconocimiento de emociones faciales, en la memoria de contenido emocional, producción musical, (Colomé, Sans, López Sala, & Boix; 2009) en el procesamiento afectivo, conciencia de los estados corporales, comprensión de la información sensorial (Damasio, 2003), en la cognición social, toma de decisiones (Martínez-Selva, Sánchez-Navarro, Bechara, A. & Romá; 2006). La presencia de lesiones cerebrales en hemisferio derecho se suele manifestar con alteraciones en el procesamiento visual de caras, escenarios, situaciones sociales, en la capacidad para imaginar emociones o las respuestas vegetativas emocionales, como, por ejemplo, las respuestas de conductancia cutánea (Colomé, Sans, López-Sala, & Boix, 2009), en habilidad de percibir y reconocer distintas emociones, más que su vivencia o sensación experiencial. Según Damasio (2004), el perfil de pacientes lesionados en hemisferio derecho, con mayor afectación en ínsula, lóbulo parietal y tractos que van hacia tálamo, ganglios basales y lóbulo frontal; tienen fracaso en cognición social, alteración en tareas de reconocimiento facial de emociones y toma de decisiones inapropiadas. Asimismo, Clark et al. (2005), refieren que la corteza orbito frontal derecha está más implicada que la izquierda en conductas sociales y en procesamiento de emociones, sobre todo en las conductas de evitación y de emociones de valencia negativa, como miedo, ira y tristeza. Una lesión en esta región puede llevar a una insensibilidad a las consecuencias negativas de las acciones y a una hipersensibilidad a las consecuencias positivas. Por tanto, si ese hemisferio deja de funcionar por causa accidental, según esta corriente teórica, la persona sufre la ausencia de emociones negativas y manifestaría un optimismo inapropiado. Por el contrario, si existiera una lesión en hemisferio izquierdo son las emociones negativas las que se manifiestan con mayor

prevalencia. Por otro lado, Joannette et. al (2008) refieren que los pacientes con lesiones en hemisferio derecho presentan cierto impacto en las habilidades lingüísticas relacionadas con la comunicación emocional y pragmática, tales como la prosodia, entonación, pausas, modulaciones, intenciones comunicativas. Para lo cual, contribuye a modelos inapropiados de interacción social y procesamiento emocional (Rourke et al,2007) (Adolphs, Damasio, Tranel, y Damasio, 1996; Borod et al., 1998; Borod et al., 2001; Heller, Nitschke, y Miller, 1998). Sackeim y Gur (1978) describieron como las emociones se expresan más intensamente en el lado izquierdo de la cara y que el daño del hemisferio derecho se asociaba con el deterioro en el *RFE* (Mandal, Mohanty, Pandey, y Mohanty, 1996).

1.2.2 Reconocimiento de Emociones Faciales (REF)

El rostro es el área principal donde se asientan las emociones y radica el valor adaptativo de las expresiones faciales, es decir, se transmiten fiablemente el estado emocional de su emisor y su tendencia conductual, interviniendo en la regulación de los contactos sociales (Ekman, 1992). La expresión y reconocimiento facial de las emociones constituye una manifestación visible del estado afectivo, la actividad cognitiva, la intención, personalidad y psicopatología de una persona (Donato, Bartlett, Hager, Ekman & Sejnowski, 1999 en Vaiman et al., 2015). Dicho de otra manera, son pilares fundamentales para convivir en el mundo social, ya que mediante las expresiones se obtiene información no verbal que nos permite detectar el estado emocional de otra persona, saber cómo responder frente a interacciones complejas, sentir aprobación o rechazo social. Los humanos, somos seres intensamente sociales y nuestras vidas se ven necesariamente entrelazada con las de otros sujetos, es por ello, que la mayoría de nuestras interacciones sociales implican reconocer la identidad, conductas, emociones e intenciones de otras personas, y, gran parte de esta información se obtiene a partir de nuestra capacidad de reconocer las expresiones faciales (Adolph, 2002).

Asimismo, la expresión en el rostro es una clave comunicativa no verbal que puede complementar el discurso, ayudando al receptor a comprender la intención comunicativa del lenguaje hablado (Chibelushi & Bourel, 2004).

Mehrabian (1968) ha indicado que el contenido verbal (las palabras) de un mensaje contribuye apenas el 7% del efecto del mensaje en su totalidad, la entonación brinda el 38 %, mientras que la expresión facial del locutor determina un 55 % del efecto del mensaje emitido. Esto implica que la expresión facial constituye la modalidad más importante de la comunicación humana; en consecuencia, las personas que por diferentes patologías poseen una disminución en su capacidad de expresión o reconocimiento, evidencian importantes déficits en el establecimiento y mantenimiento de relaciones interpersonales.

Entre las diferentes orientaciones abocadas al estudio de las emociones se destaca la perspectiva evolucionista (Weisfeld & LaFreniere, 2012), que manifiesta el carácter funcional y adaptativo de las mismas. Darwin (1872/1998) ya refería que las expresiones faciales de emociones eran sumamente relevantes para la comunicación y supervivencia, siendo universales y seleccionadas en el curso de la evolución para transmitir mensajes discretos acerca del estado interno de su emisor, resultando, por ello, clave en la regulación de la comunicación intra-personal y la supervivencia de los individuos (Ekman, 1973; Izard, 1977; Matsumoto, Keltner, Shiota, O'Sullivan & Frank, 2008).

Según la postura evolucionista, las emociones son universales en su expresión y reconocimiento, y se presentan en todos los individuos de la misma especie; cualquiera de ellos puede reconocer estas emociones en cualquier individuo, con independencia de su origen étnico y cultural (Chóliz, 1995). Según Izard (1992), las emociones básicas están directamente relacionadas con la adaptación y la evolución, ya que tienen un sustrato neurológico universal e innato y un único estado afectivo asociado. Por su parte, Ekman (1972) ha desarrollado, dentro del evolucionismo, una aproximación que investiga específicamente la capacidad para *expresar* y *reconocer* emociones. Según este autor, cada emoción posee características particulares, como determinados patrones de actividad autonómica, ciertos eventos que la preceden, como los marcadores somáticos (Damasio, 2004) y una manifestación típica (Narambuena, 2012).

En la actualidad se sostiene, que, si bien hay ciertos componentes nucleares de la emoción que son universales, también existen límites culturales en su interpretación y expresión. Según Mesquita & Walker (2003), las emociones son fenómenos integrados por componentes tanto biológicos como socioculturales. Las culturas establecen reglas implícitas según las cuales los individuos son propensos a expresar ciertas emociones en determinados contextos. Las experiencias y comportamientos emocionales son mejor entendidos si tenemos conocimiento del modelo cultural en el cual ocurren. Las personas reconocen con mayor precisión las emociones cuando las expresan los miembros de su propio grupo cultural frente a los miembros de otro grupo (Beaupré & Hess, 2005; Biehl et al., 1997; Efenbein Y Ambady, 2002; Jack, Garrod, Yu, Caldara y Schyns, 2012; Matsumoto, 2002). Ekman (1972) denominó a su teoría *Neuro-Cultural*, reflejando así la participación conjunta: si bien el cerebro especifica el movimiento de ciertos músculos faciales para producir determinada expresión emocional, el contexto cultural impone los límites que determinan su expresión final. En tal sentido, el reconocimiento de rostros implica un procesamiento cerebral complejo donde se involucran las capacidades sensoriales, perceptuales y gnosis visuales con el fin de identificar la configuración geométrica de las características faciales, junto a la capacidad discriminativa del significado emocional de esa expresión y el componente cognitivo, como pueden ser memorias semánticas o declarativas, que evoca la misma (Kanwisher, Mc Dermontt & Chunn, 2007). Es por tal motivo, que los estudios sobre el reconocimiento de emociones se han focalizado principalmente en el reconocimiento de emociones faciales. Entre las diversas metodologías, el instrumento que mayormente ha sido utilizado para evaluar esta habilidad es aquel en que se presentan imágenes de rostros expresando diversas emociones y la tarea consiste en reconocer cuál es la emoción que se está expresando. Las expresiones faciales son manifestaciones observables del estado emocional del individuo y su abordaje es por medio de métodos sistemáticos que han permitido realizar evaluaciones y mediciones precisas.

Por tal motivo, se han utilizado como objeto de estudio en una amplia gama de disciplinas, entre ellas la neuropsicología, inteligencia artificial y neurociencias. Dado que cada campo tiene diferentes necesidades con respecto a su objeto de estudio, estos pueden variar en múltiples dimensiones, por

ejemplo: si son estáticos (imágenes) o dinámicos (videos), dirección de la mirada, orientación de la cabeza, cuánto de la cara y / o el cuerpo se representa, o las características inherentes a los modelos que expresan las emociones, como la edad, el sexo y la etnia. Existe una gran cantidad y variabilidad en cuanto a las pruebas utilizadas para evaluar la capacidad de reconocimiento de emociones, desde un conjunto de imágenes de personas expresando las emociones básicas descritas por Ekman (Neumann & Lozo, 2012) hasta pruebas informatizadas que utilizan imágenes GIF en las que se presentan imágenes con rostros neutrales y otras con rostros que expresan distintos estados emocionales (Kohler, Bilker, Hagendoorn, Gur, & Gur, 2000).

Ekman y Friesen (1976) desarrollaron el *Picture of Facial Affects* (POFA), uno de los instrumentos más utilizados en las líneas de investigación sobre el RFE. El instrumento consiste en la presentación de 110 fotografías de rostros que expresan las emociones básicas de *alegría, tristeza, ira, asco, sorpresa y miedo*, y rostros con expresiones *neutras*. La persona debe evaluar cuál es la emoción que está expresando, si es que considera que se expresa alguna. La elección de estas emociones está fundamentada en estudios transculturales en los que se determinó el carácter universal que poseen, pudiéndose distinguir en todas las culturas y medios sociales (Darwin, 1872/1998; Ekman & Friesen, 1978; Izard, 1977; Ekman, 1973). El desarrollo del instrumento se realizó basándose en el *sistema de codificación de acciones faciales* (FACS) en el que se tiene en cuenta la contracción o relajación de los músculos de la cara agrupados en unidades de acción (Ekman & Friesen, 1978). Desde el desarrollo de este instrumento, la mayoría de las investigaciones sobre el reconocimiento de emociones faciales lo han utilizado (ej. Phillips et al., 2004; Adolphs, Damasio, Tranel & Damasio, 1996; Vuilleumier et al., 2002; ver Fusar-Poli et al., 2009). Sin embargo, esta prueba presenta en la actualidad algunas falencias a considerar. La primera está relacionada con los porcentajes de utilidad que encontramos en la evaluación de las fotografías en nuestro medio local. Un estudio sobre la aplicación del instrumento en nuestro país arrojó que los porcentajes de utilidad de las fotografías no superan el 32% (Vaiman, Caicedo y Pereno, 2011). Una de las posibles razones para que esto ocurra son las diferencias socio culturales del país en que fue desarrollado el primer test. Más allá de que se considere que las emociones son universales y el POFA haya demostrado ser de utilidad para

evaluar el reconocimiento en varias culturas, los índices de reconocimiento de esta prueba tienden a ser menores en culturas y contextos diferentes a los en que se originaron las fotografías. El REF es afectado por las normas culturales a la hora de expresar y reconocer emociones y las diferencias estilísticas en las expresiones. La prueba se muestra afectada entonces por la existencia de la denominada ventaja intragrupo lo que demuestra que sea sensible al medio en el que es evaluada (Elfenbein & Ambady, 2002). Otra crítica que recibe el POFA, relacionada con la anterior, es el tiempo que ha transcurrido desde que fue elaborado (hace más de 40 años), y el hecho de que las fotografías sean en blanco y negro, conjugado a los factores previamente descriptos ha mostrado reportes de conductas inusuales ante los estímulos.

Por tal motivo, se ha desarrollado un instrumento en el medio local denominada *Universidad Nacional de Córdoba Evaluación de Emociones Faciales* (UNCEEF), que presenta nuevas fotografías tomadas a color en población de la ciudad de Córdoba, analizadas a través del sistema FACS. La prueba cuenta con estudios de los valores normativos para la provincia de Córdoba. Tiene 60 fotografías estímulos (FACS-verified): *9 de alegría, sorpresa, asco e ira, 8 de tristeza, 6 de miedo y 10 con expresiones neutras* (Pereno, Vaiman y Caicedo, 2011). Una diferencia con el POFA es que en aquella prueba las fotografías sólo incorporan el rostro, mientras que en la UNCEEF se agregan además cuello y hombros, permitiendo que la expresión de la emoción incluya elementos de expresión corporal. A su vez, se encuentra publicada y baremada con valores normativos para Argentina. Los resultados de la evaluación de la prueba muestran que el índice de reconocimiento de las emociones faciales es superior al 70% en todas las emociones, a excepción del reconocimiento del miedo, que alcanza un valor cercano al 50%.

1.2.3. Afectación en la capacidad de reconocer emociones faciales en patologías neurológicas y psiquiátricas.

Como se ha estado refiriendo, la importancia del estudio de las emociones humanas y su neurobiología radica en su significación social, y en relación con ello la aparición de trastornos psiquiátricos como depresión, bipolaridad, esquizofrenia impactan en la calidad de vida del ser humano. (Bediou et al., 2012). En relación con este punto, numerosas investigaciones teóricas y empíricas sugieren que los déficits en el REF se asocian con dificultades en las habilidades sociales, incluyendo pobre funcionamiento interpersonal, habilidades comunicativas no verbales y comportamiento social inadecuado (Carton, Kessler & Pape, 1999; Ciarrochi, Chan & Caputi, 2000; Feldman, Philippot & Custrini, 1991; Shimokawa et al., 2001). Este déficit suele acompañarse de un aislamiento, y de un importante impacto negativo en la salud del individuo.

De este modo, existen estudios que tratan de determinar el grado de deterioro que puede causar la falla en el REF, por ejemplo, en personas con autismo (Corbett et al., 2009), demencias (Kessels et al., 2007; Maki, Yoshida, Yamaguchi, & Yamaguchi, 2013), esquizofrenia (Cavieres y Valdebenito, 2007; Chen, Cataldo, Norton, & Ongur, 2012) y fundamentalmente depresión en adultos (Anderson et al., 2011) y niños (López-Duran, Kuhlman, George, & Kovacs, 2012). En cuanto al autismo, se ha observado una notable disfunción desde edades tempranas, como un déficit patognomónico del trastorno (Deruelle, Rondan, Gepner, & Tardif, 2004). La población con esquizofrenia ha presentado dificultades para identificar las expresiones faciales en todas las categorías evaluadas: emociones simples, complejas, en boca, ojos y rostro completo. Esta alteración puede estar relacionada con variables clínicas y neuropsicológicas que podrían influir en el desempeño psicosocial de los pacientes (Cavieres & Valdebenito, 2007).

En trabajos publicados sobre REF en sujetos con demencias han producido resultados variables. Algunos estudios apoyan la idea que los pacientes con Demencia Tipo Alzheimer (DTA) presentan alteraciones en el reconocimiento de la identidad facial, pero no de la expresión facial (Hargrave, Maddock, & Stone, 2002; Roudier et al., 1998). Otros, sin embargo, sí encontraron evidencia de deterioro en el reconocimiento de la expresión facial

emocional en pacientes con DTA (Zapata, 2008; Kohler et al., 2005), así como también en pacientes con Demencia Fronto-temporal (DFT), pero en los primeros el déficit se va incrementando de manera más aguda con la progresión de la enfermedad en comparación con los últimos (Lavenú & Pasquier, 2005). Asimismo, en aquellos en que se reportaron alteraciones, éstas no presentaron el mismo curso en todas las emociones, es decir, manifestaron mayor deterioro en el reconocimiento de ira y tristeza, y perdurando hasta estadios moderados de la DTA el reconocimiento de alegría (Zapata, 2008).

Según Beck (1976) y Bower (1981), en los trastornos de ansiedad y en la depresión operan fenómenos de selectividad atencional. En el caso de la depresión los sujetos procesan selectivamente información relativa a la tristeza, el fracaso y las pérdidas, mientras que en la ansiedad se da una selectividad sobre información amenazante. Así, algunas investigaciones han reportado una tendencia de los pacientes depresivos a percibir como neutros los rostros alegres y como tristes los neutros (Fales et al., 2008; Fu et al., 2007; Surguladze et al., 2005). Por otro lado, estudios con trastornos de ansiedad demostraron que estos son más veloces y precisos en el reconocimiento de rostros que expresan enojo, en comparación con participantes con controles (Bradley et al., 1998; Mogg & Bradley, 1999). La selectividad atencional a estímulos amenazantes también se encontró fobia social (Bradley et al., 1999; Mogg & Bradley, 2002).

Otro síndrome que presenta fallas en el REF es el de Capgras (Capgras y Reboul-Lachaux, 1923; Ellis & Young, 1990; Hirstein y Ramachandran, 1997), y se caracteriza por la certeza de que las personas familiares, parientes o amigos, han sido reemplazados por otro sujeto idéntico, como puede ser un avatar, un robot, un extranjero o un impostor. El aspecto peculiar de este síndrome es que pacientes con síndrome de Capgras son capaces de reconocer la identidad de una cara familiar pero niega la "autenticidad" de esa cara. Damasio, Damasio, & Van Hoesen (1998) mencionan que una lesión bilateral en el cruce occipito-temporal puede causar prosopagnosia, que es la incapacidad para reconocer rostros y las expresiones faciales de los mismos.

Por otro lado, estudios con neuroimágenes y pacientes con enfermedad de Huntington, muestran la presencia de lesiones en los ganglios basales, y los test de REF relacionadas al asco, los resultados arrojan un deterioro moderado

para esta habilidad. (J.M. Gray y otros, 1997; Sprengelmeyer et al., 1998). En un estudio de caso único, un paciente con una lesión focal conocida de los ganglios basales y la ínsula mostró un déficit en expresiones faciales relacionadas al asco y experiencias gustativas en relación con esta emoción (Calder et al., 2000).

1.2.4. Activación Cerebral Diferencial y Redes Funcionales Implicadas en el RFE mediante el uso de IRMf

Dado el importante rol que tiene el reconocimiento facial de emociones en el desempeño social, las neurociencias han optado por estudiarlas en profundidad y explorar cuales son los mecanismos neuronales implicados en la percepción de rostros. Para ello, la técnica de **Imagen por Resonancia Magnética funcional** (IRMf) ha sido una de las más empleadas para investigar las áreas corticales implicadas en el procesamiento emocional (Gobbini & Haxby, 2007).

Existen numerosas líneas de investigación sobre las redes funcionales de activación cerebral involucradas en la expresión y el reconocimiento de las emociones, acompañadas con una multiplicidad de paradigmas y métodos implementados para su estudio. Los primeros reportes sobre las bases biológicas de las emociones fueron realizados en estudios con lesiones cerebrales o mediante la utilización de técnicas de medición del sistema nervioso periférico (Ekman, Levenson & Friesen, 1983).

Con el desarrollo de las técnicas de neuroimagen que han permitido visualizar la actividad cerebral funcional, proliferó sustancialmente el número de investigaciones sobre las activaciones cerebrales de la expresión y el reconocimiento emocional. Principalmente esta última línea, basada en el hecho de que las activaciones cerebrales subyacentes poseen una base biológica similar a la de su expresión (Fusar-Poli et al., 2009). Los circuitos implicados en la activación cerebral del REF incluyen un amplio espectro de estructuras cerebrales, que van desde el procesamiento visual de caras hasta el reconocimiento propiamente dicho de la expresión emocional.

Fusar-Poli et al (2009) realizaron un metaanálisis con una base de datos de 105 estudios de IMRf, con una muestra completa de 1600 participantes sanos, con el objetivo de proporcionar un atlas normativo IMRf para determinar qué estructuras cerebrales y redes neuronales participan en el proceso de reconocer

diferentes tipos de emociones faciales básicas tales como **ira**, **tristeza**, **miedo**, **alegría**, **asco** y **sorpresa**. Dichos autores concluyen que las redes funcionales activadas ante el reconocimiento de la expresión de emociones faciales, a pesar de estar implicadas las mismas estructuras, existen patrones diferenciales para cada una. Asimismo, los estudios sobre el reconocimiento de *caras* sobre estímulos *no-caras* (generalmente estímulos de construcciones edilicias o elementos mobiliarios, ej. silla, mesa) evidencian patrones diferenciales que incluyen mayor activación en el *giro fusiforme*, *el giro occipital inferior y medio* (áreas visuales), *la amígdala y el giro parahipocampal* (sistema límbico), *el lóbulo parietal*, *el giro temporal medial* (áreas temporo-parietales), *la ínsula*, *el giro frontal medial* (área frontal), *el putamen* (área subcortical) y el *cerebelo*.

En cuanto a la activación de cada emoción, el procesamiento de rostros expresando **alegría** muestra activación diferencial en el *giro occipital*, *el precuneo izquierdo*, *amígdala e ínsula izquierda*, *el giro frontal medial izquierdo*, *giro parahipocampal izquierdo*, *putamen y cerebelo izquierdo*, *giro temporal medial izquierdo* y *activación bilateral del giro supramarginal* (Fusar-Poli et al., 2009; Killgore & Yurgelun-Todd, 2004; Yang et al., 2002; Breiter et al., 1996).

En el procesamiento de expresiones faciales de **tristeza** se registra disminución de la activación en *amígdala e ínsula izquierda* (Adolphs & Tranel, 2004; Breiter et al., 1996). Se observa respuesta hemodinámica en *el giro fusiforme* (Salloum et al., 2007), *el córtex cingulado anterior* (Blair, Morris, Frith, Perrett & Dolan, 1999; Killgore & Yurgelun-Todd, 2004; Phan, Wager, Taylor & Liberzon, 2002) y *el córtex prefrontal dorsomedial* (Murphy, Nimmo-Smith & Lawrence, 2003), además de los *giros occipitales superior derecho*, *la ínsula y tálamo izquierdos* (Fusar-Poli et al., 2009).

Por su parte, el procesamiento de expresiones faciales de **ira** elicitada además de las activaciones *amigdalinas*, *incremento en el cingulado derecho y el giro cingulado anterior* (Fischer et al., 2005), *giro hipocampal derecho*, *cerebelo izquierdo*, y *activaciones en áreas subcorticales como el globo pálido izquierdo y el claustró derecho*. Además, en las regiones prefrontales se observan activaciones en los *giros frontales inferiores bilaterales y el giro frontal medial derecho* (Blair & Cipolotti, 2000; Lidaka et al., 2001; Murphy et al., 2003).

Las activaciones cerebrales subyacentes para el reconocimiento de las expresiones de **miedo** incluyen un incremento significativo en la actividad

amigdalina bilateral y los giros fusiformes, el cerebelo derecho, la región inferior del lóbulo parietal izquierdo, y los giros frontales inferior izquierdo y medial derecho (FusarPoli et al., 2009; Adolphs & Tranel, 2004; Murphy et al., 2003; Vuilleumier & Pourtois, 2007; Whalen et al., 2001).

Con respecto a las expresiones emocionales de **asco**, cuando se procesan rostros que expresan esta emoción se observan incrementos en la respuesta neuronal de *los ganglios basales y la ínsula* (Calder, Lawrence & Young, 2001), *amígdala izquierda, el giro fusiforme, los giros temporales mediales bilaterales, los giros frontales medial izquierdo e inferior derecho, lóbulo parietal inferior izquierdo y tálamo izquierdo* (Fusar-Poli et al., 2009).

Finalmente, existe menos evidencia sobre las activaciones cerebrales diferenciales para el reconocimiento facial de la **sorpresa**, observándose en la literatura que los paradigmas de investigación la incluyen junto con otras emociones mostrando activaciones comunes con *alegría y miedo* (Hooker et al., 2013; Fusar-Poli et al., 2009).

En su conjunto, la activación *temporal y frontal* se muestra asociada al análisis de expresiones de emociones faciales de *valencia negativa*, como la *tristeza y el miedo* (Lidaka et al., 2001; Adolphs & Tranel, 2004), mientras que expresiones de *alegría* muestran un patrón de activación diferencial que incluye a los *ganglios basales* (Phan et al., 2002).

La amplia red neuro-funcional que subyace al REF incluye varias *áreas visuales, límbicas, temporo-parietales, prefrontales y subcorticales*, así como el *cerebelo*. Considerando que las áreas occipitales y el cerebelo eran comúnmente activadas a través de diferentes emociones. Las áreas del sistema límbico y la corteza insular fueron las más activadas. Aunque las emociones básicas no están representadas por circuitos neuronales completamente distintos, son al menos parcialmente separables.

Por otro lado, otro trabajo desarrollado por Murphy, Nimmo-Smith & Lawrence (2003) seleccionaron 106 estudios de exploración funcional de cerebros sanos utilizando técnicas de IRMf y PET con el fin de evaluar las áreas cerebrales implicadas en el procesamiento de emociones. Concluyeron que para la emoción de **miedo** se informó en aproximadamente en más del 60% de un subconjunto de los estudios que emplearon expresiones faciales de emoción como estímulos, y la actividad de la *amígdala* en un 80 % de los estudios. Para

la emoción de **asco**, la *ínsula* y los *globos pálidos*, se activan en más de 70% de los estudios. En cuanto al **ira** el área predominante fue la corteza *orbitofrontal lateral* y también la *amígdala*, pero en menor medida. Para la **tristeza** y **alegría**, a pesar de su antagonismo, los hallazgos refieren que estas emociones activan la misma área cerebral, la *corteza del cíngulo anterior*. Cabe destacar, que las emociones que se activaron en áreas con mayor especificidad fueron: **miedo**, **asco e ira**. Por el contrario, no se encontraron diferencias significativas entre las distribuciones espaciales asociadas con alegría y tristeza. En este metaanálisis tampoco se analizaron la emoción básica de **sorpresa**.

Asimismo, estos autores, proponen buscar evidencias a favor de la hipótesis de la **lateralización de las emociones** (dominancia del hemisferio derecho) y el modelo del sistema límbico propuesto por Mc Lean (1949, 1952) y Papez (1937). Los hallazgos que han encontrado a partir de la IMRf contraargumentan ambas teorías, pioneras por describir procesos cerebrales implicados en las emociones. Si bien muchas de las estructuras propuestas se activaron (por ejemplo, la *amígdala* y la *corteza del cíngulo anterior*), no necesariamente en misma línea como las predijeron estos investigadores clásicos, ya que muchas áreas no "límbicas" también se activaron, como por ejemplo los ganglios basales y el cerebelo.

Por otro lado, los resultados de estos análisis no lograron demostrar un papel crítico para el hemisferio derecho en la percepción de la emoción y, en cambio, revelaron no solo activación de los ambos hemisferios, sino también a nivel tanto anterior como posterior. A su vez, en cuanto a la hipótesis de la asimetría asociada a la *valencia positiva y negativa*, se encontró que era relativamente simétrico.

La actividad de la *corteza visual* se informó en casi en el 50% de los estudios en comparación con los bloques de reposo. Como así también, la *corteza temporal*, sobre todo la *circunvolución fusiforme* fue un área de mucha activación.

Figura 1. Respuesta hemodinámica cerebral ante la presentación de rostros de *alegría*, *asco*, *ira*, *miedo* y *tristeza*, comparados con rostros neutros (cluster $p < 0.001$). Amy = amígdala; FG = giro fusiforme; MFG = giro frontal medial (Fusar Poli et al., 2009).

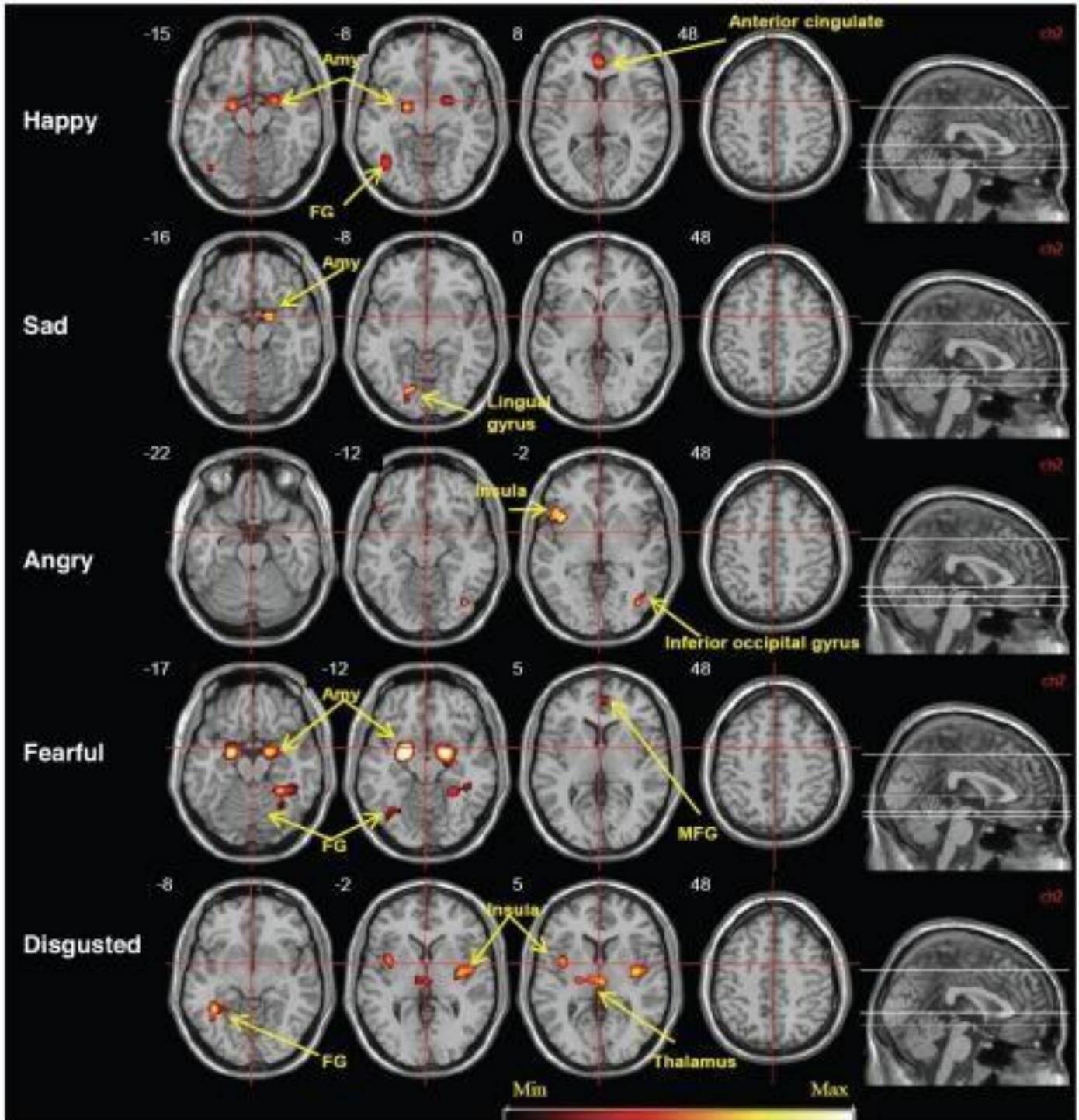


Tabla 1. Resultados de activación diferencial de RFE comparadas con rostros neutros del atlas de Fusar Poli et al (2009).

Emotional face; brain region	Side	BA	Site of maximum ALE			Volume, mm ³	Maximum ALE value
			x	y	z		
Disgusted							
Insula	R	13	42	-8	4	4232	0.0153
	L	13	-38	3	6	1512	0.0131
Thalamus	R		2	-18	4	3944	0.0139
Fusiform gyrus	L	37	-38	-46	-12	2760	0.0161
Happy							
Parahippocampal gyrus	R	Amy	24	0	-14	1248	0.0161
	L	Amy	-20	-6	-12	1664	0.0171
Anterior cingulate cortex	R	32	0	40	8	1568	0.0132
Fusiform gyrus	L	19	-40	-65	-11	1088	0.0097
Sad							
Lingual gyrus	L	18	-18	-78	-6	952	0.0078
Parahippocampal gyrus	R	Amy	22	0	-18	784	0.0093
Angry							
Insula	L	13	-38	14	-4	1432	0.0095
Inferior occipital gyrus	R	19	40	-74	-8	792	0.0084
Fearful							
Parahippocampal gyrus	R	Amy	20	-4	-14	7304	0.0350
	L	Amy	-22	-4	-10	8288	0.0541
Fusiform gyrus	R	37	30	-46	-12	6192	0.0235
	L	19	-20	-61	-6	2920	0.0196
Medial frontal gyrus	R	10	6	52	0	1824	0.0184

ALE = activation likelihood estimation; Amy = amygdala; BA = Brodmann area;
FDR = false discovery rate; L = left; R = right.
*FDR = 0.001, cluster $p < 0.001$.

1.2.5. Activación Cerebral Diferencial y REF en patologías neurológicas y psiquiátricas mediante el uso de IRMf.

Gracias al avance de la IRMf, cada vez más se intenta comprobar con mayor precisión la hipótesis de la implicancia funcional de ciertas estructuras cerebrales en relación con los déficits presentados en patologías neuropsiquiátricas para reconocer emociones faciales y en la regulación de procesos emocionales.

A continuación, se presentarán algunas enfermedades neurológicas y psiquiátricas de las cuales se han estudiado las áreas corticales afectadas en la capacidad para el REF mediante el uso de IRMf.

En relación con los cuadros de **depresión mayor**, Sheline et al. (2001) comparan 11 sujetos adultos con depresión mayor versus 11 controles sanos, y registraron mayor activación de la *amígdala izquierda* frente al reconocimiento de rostro de miedo. Asimismo, concluyen que dicha hiperactividad se regulariza con el tratamiento antidepresivo en la segunda toma de resonancia después de 6 meses de tratamiento farmacológico. Por su parte Fu et al. (2008) analizan la respuesta hemodinámica antes y después de aplicar tratamiento terapia cognitiva conductual a sujetos con cuadros depresivos. Consistió en un estudio prospectivo donde se aplicó IRMf en la semana 0 y 16, a 16 pacientes mayores de 40 años sin medicación con el diagnóstico de depresión mayor unipolar, según el DSM IV, versus 16 voluntarios sanos. Observaron que, durante la fase aguda, los sujetos experimentales presentan *mayor activación amigdalina e hipocampal* frente a rostros tristes. Foland-Ross et al. (2014), encontraron que los sujetos depresivos activan más la *corteza prefrontal medial y cíngulo posterior*, y que la hiperactivación de estas áreas en estado agudo es predictiva de la evolución de los síntomas, es decir, que los pacientes con mayor hiperactivación de estas áreas van a tender a responder peor al tratamiento antidepresivo. A su vez, Canli et al (2005) ya habían hecho referencia a la misma hipótesis, demostrando que cuando la sintomatología depresiva es más leve, hay *mayor activación a nivel amigdalino bilateral* frente a caras de tristeza, y por consecuencia, menor actividad cuando el cuadro depresivo es de mayor gravedad. Y también, propusieron la IRMf como una técnica predictiva y pronóstica del tratamiento de depresión.

En cuanto al **trastorno bipolar**, Grotegerd et. al (2014) estudiaron la activación cerebral del reconocimiento de rostros tristes, alegres y neutros en 22 sujetos con diagnóstico de bipolaridad, los compararon con 22 sujetos con depresión mayor unipolar y 22 sujetos sanos. El grupo con depresión mayor mostro hiperactivación en *amígdala izquierda* frente a las caras neutras y tristes; el grupo de sujetos bipolares mostró el patrón opuesto: mayor activación en amígdala izquierda frente a rostros alegres. Ambos grupos de sujetos experimentales mostraron mayor respuesta de la amígdala en comparación con el grupo control. Concluyendo que la hiper activación de la amígdala izquierda frente al reconocimiento de caras emocionales puede deberse a procesos fisiopatológicos anormales. En otra publicación de Pavuluri et al (2009) estudiaron un grupo de 10 adolescentes con trastorno bipolar en estado eutímico emparejado con un grupo control y analizaron la activación cortical frente el reconocimiento de caras en *valencia positiva* (alegría y sorpresa) versus *negativa* (miedo, enojo y tristeza); y del análisis en conjunto de todas las emociones se concluye que del grupo experimental muestran mayor activación en amígdala e ínsula derecha, circunvolución frontal media izquierda y la corteza cingulada posterior izquierda; y menor activación que los controles en áreas que se consideran importante en la regulación emocional como la corteza prefrontal derecha (giro frontal superior, medio e inferior) y áreas asociadas con el procesamiento facial, como es el pre-cúneo y giro fusiforme bilateral.

Por otro lado, los sujetos con **esquizofrenia** se conocen que presentan alteraciones a nivel anatomo-funcional que una severa afectación en su capacidad para reconocer emociones faciales y en sus habilidades sociales. Por tal motivo, presentan menor actividad cortical en el giro fusiforme, el núcleo estriado y amígdala (Hooker et al., 2013). Johnson, Stojanov, Devir & Schall (2005) analizan la activación dependiente del nivel de oxigenación (BOLD) con un grupo de 10 sujetos con esquizofrenia y 10 voluntarios sanos. Los resultados que arrojaron para el grupo con esquizofrenia fueron de menor actividad en el giro fusiforme, frontal inferior, temporo-occipital medio y amígdala bilateral. Concluyendo que los déficits neuropsicológicos se correlacionan con la hipoactividad neuronal de las áreas asociada con tales funciones. En otro estudio de Gur et al. (2002), analizan las imágenes de 14 pacientes con esquizofrenia emparejados con 14 controles donde la tarea consistía en reconocer caras de

alegría, tristeza, enojo, miedo, asco y neutrales mediante IMRf. Los participantes sanos mostraron activación en el giro fusiforme, el lóbulo occipital y la corteza frontal inferior en comparación con el bloque de reposo. Los pacientes mostraron menor cantidad de vóxeles en la amígdala izquierda y el hipocampo bilateral. Es decir, la falta de activación de las regiones límbicas durante el proceso de reconocer rostros con expresiones emocionales puede explicar las deficiencias en el procesamiento de la emoción en pacientes con esquizofrenia. Hay otros estudios que contradicen estos resultados y concluyen que los pacientes con esquizofrenia tienen activación significativamente mayor en el momento de discriminar los rostros con emociones y explican que debido a ello se refleja su deterioro en esta función en la clínica psiquiátrica (Kosaka et al., 2002). Dollan y Fullam (2009) estudiaron a 24 pacientes con esquizofrenia con rasgos psicopáticos, donde los resultados arrojados eran de menor respuesta hemodinámica en corteza *orbitofrontal* y en *amígdala* durante la exposición de caras *tristes, de enojo y miedo* (valencia negativa). Por su lado, Holt et al (2009) estudiaron a 15 pacientes con esquizofrenia y 16 sujetos sanos, y los sometieron a IRMf mientras observaban pasivamente rostros de expresiones de *miedo, alegría y neutrales*. En relación con los sujetos de control, los pacientes demostraron una activación significativamente mayor del hipocampo izquierdo mientras veían las tres expresiones faciales y aumentaron la activación de la amígdala derecha durante la presentación inicial de expresiones faciales de *miedo y neutrales*. Concluyen que para tal enfermedad psiquiátrica, se requiere una hiperactividad del hipocampo y la amígdala, un esfuerzo excesivo, en el momento de reconocer rostros con expresiones emocionales.

En cuanto a cuadros demenciales, como puede ser la enfermedad de **Demencia Tipo Alzheimer** (DTA), donde los síntomas neuropsiquiátricos son muy comunes incluso en estadios leves, las estructuras límbicas sufren de diversos cambios anatómo-patológicos. Wright et al. (2007) investigaron las alteraciones funcionales en la amígdala en el envejecimiento normal y en DTA leve. Examinaron la respuesta hemodinámica de la amígdala en 12 ancianos controles y en 12 pacientes con DTA leve. El grupo con DTA tuvo respuestas de *amígdala izquierda* fue significativamente mayor ante el estímulo de caras neutrales y tristes en relación con los controles. Además, la actividad de la amígdala se correlacionó con la gravedad de los síntomas de irritabilidad y

agitación de cada sujeto con DTA. Concluyen que estas alteraciones funcionales de la amígdala pueden representar un marcador fisiológico para ciertas manifestaciones neuropsiquiátricas de la DTA. En función a este grupo etario, se puede agregar que un grupo de investigadores japoneses, Iidaka et al (2002), compararon los sustratos neurales involucrados en el procesamiento y percepción emocional de rostros en dos grupos de voluntarios sanos: uno de adultos mayores y otro de adultos jóvenes. Los sujetos fueron escaneados utilizando fMRI mientras juzgaban el género de las caras con valencia emocional negativa, positiva y neutral. Los resultados mostraron mayor activación en jóvenes tanto en la *amígdala izquierda* durante la percepción de caras negativas; y del *giro parahipocampal, angular y lingual derecho* durante la percepción de caras positivas.

Por lo tanto, concluyen que los adultos mayores mostraron menor activación cortical en cada una de las tareas. A su vez, en los adultos mayores mostraron hipoactividad a nivel *temporal medial derecho* (amígdala, hipocampo y giro parahipocampal), que se correlaciona con cambios en su performance en la clínica neuropsicológica y sus fallas para reconocer las emociones de valencia negativa vs positivas, y a *nivel parieto-occipital bilateral* asociado a presentar mayor dificultad en la percepción facial. Es decir, que su desempeño es similar a los pacientes depresivos debido a su menor respuesta hemodinámica, consecuencia de la bradipsiquia que aparece tanto en los adultos mayores como en los sujetos con depresión.

En cuanto a la **enfermedad de Parkinson** (EP), en el estudio publicado por Wabnegger et al. (2015), se analizaron 17 pacientes con EP no medicados con síntomas leves a moderados y 22 controles. Los datos de fMRI mostraron similar activación en ambos grupos, excepto en las regiones somatosensoriales del grupo con EP donde se observa mayor respuesta hemodinámica. En otra publicación de Anna Pohl et. al (2017) estudiaron a 13 sujetos con EP versus 13 voluntarios sanos. Los resultados que encontraron fueron que los pacientes se desempeñaron peor en la tarea de reconocimiento de emociones, sobre todo cuando tenían que reconocer expresiones faciales con índice de reconocimiento más exigente. Y concluyen que los pacientes activan menos áreas tales como el giro frontal inferior derecho, corteza motora suplementaria y a nivel parietal inferior bilateral.

En un estudio de Killgore & Yurgulen Todd (2005) analizan la activación de la amígdala en una muestra de 16 adolescentes con criterios diagnósticos de **ansiedad social** e ingresaron a un resonador y se les proyectaron imágenes de rostros de miedo y alegres. Se observa hiper actividad *amigdalina bilateral* frente a rostros temerosos. A su vez, Evans et al. (2008) mencionan que los sujetos con ansiedad social activan más la amígdala derecha cuando observan un rostro neutral y un rostro enojado. La misma evidencia existe para los pacientes con **trastorno por estrés post traumático** (Rauch et al., 2000). Por otro lado, Anderson et al. (2007) analizaron la respuesta hemodinámica de la amígdala en un estudio prospectivo con un grupo experimental de 12 voluntarios en tratamiento con citalopram, y observaron que la modulación serotoninérgica disminuyó la actividad de la *amígdala izquierda* frente a caras de asco, y la *amígdala derecha* ante rostros de miedo. Concluyeron que los niveles de serotonina influyen en la activación de la amígdala en el momento de reconocer rostros aversivos (como miedo y enojo), es decir de estímulos potencialmente "amenazantes". En un estudio reciente de reconocimiento facial y fMRI realizado por Wynn et al. (2017) concluyen que sujetos con trastorno por estrés postraumático, que están permanentemente en hiper-alerta, tienen mayor activación de la amígdala ante la presentación tanto de rostros de miedo y como neutrales en comparación con los controles sanos. A su vez, la amígdala es una de las áreas más estudiadas del cerebro en el contexto del trastorno de estrés postraumático. En general, la neuroimagen ha encontrado que la *amígdala* está hiperactiva en el TEPT, más específicamente, hay un aumento en la activación de la amígdala en respuesta a estímulos relacionados con el trauma. Estos estímulos relacionados con el trauma han incluido imágenes guiadas por secuencias de comandos y sonidos aversivos. Además, el material emocional no relacionado con el trauma también ha resultado en un aumento de la activación de la amígdala en comparación con aquellos sin este trastorno. Asimismo, se registra aumento de activación de la amígdala en los bloques de reposo y en respuesta a estímulos neutros, y tienen una activación relativamente mayor de la amígdala en respuesta a rostros temerosos que a los rostros neutrales en comparación con los controles.

Por último, cabe mencionar un estudio realizado con fMRI con un paradigma relacionado a eventos con sujetos con **trastorno del espectro**

autista (TEA) por Harms, Martin & Wallace (2010). Ellos concluyen que las personas con TEA utilizan mecanismos compensatorios para reconocer las emociones faciales, implican mayor activación del *cíngulo anterior y precúneo bilateral* en comparación con controles, y menor en *amígdala y giro fusiforme*; hipotetizando que el cíngulo anterior y el precúneo están involucrados en el autocontrol y capacidad atencional, estos resultados nuevamente sugieren que los individuos con TEA descodifican las expresiones faciales a través de mecanismos que requieren mayor esfuerzo. En otra investigación realizada por Dapretto et al. (2006) demuestran cómo los sujetos con TEA versus el grupo control no activan el *giro frontal inferior o pars opercularis* frente a la tarea de RFE de otro sujeto, en donde se pone en juego la capacidad empática y teoría de la mente. Asimismo, refieren que la activación de esta área está inversamente relacionada con la gravedad de los síntomas. Concluyendo que gracias a la IMRf se puede objetivar un sistema de neuronas en espejo deficitario que explicaría la disfuncionalidad en las habilidades sociales y cognición social del TEA.

1.2.6. Técnica de Imagen por Resonancia Magnética Funcional (IRMf)

Comprender y localizar las funciones cerebrales es un tema que históricamente ha apasionado a muchos científicos y que, hasta hace poco, requería para su estudio técnicas de imagen costosas, invasivas, como por ejemplo el uso de isótopos radioactivos, y con pobre resolución espacial y temporal, como es la tomografía por emisión de positrones (PET) y la tomografía de emisión computarizada de fotón simple (SPECT) (Delgado, Rocovsky, Sanz & Castrillón, 2008).

En las últimas tres décadas, han tenido un rápido desarrollo la **Imagen por Resonancia Magnética estructural** (IRMe), que es una técnica privilegiada en las neuroimágenes por alcanzar alta resolución anatómica. La **Imagen por Resonancia Magnética funcional** (IRMf) potencia a la IRMe ya que posibilita examinar la imagen morfológica al mismo tiempo que la función cerebral. El objetivo de la IRMf es localizar la anatomía de alta resolución al mismo tiempo que detecta la activación cortical (Thomas et al., 2007).

La activación cerebral o cortical hace referencia al fenómeno de rápidos y constantes cambios bioquímicos y biofísicos de las neuronas (Roland, 1993).

Las señales eléctricas de las neuronas o potenciales de acción generados durante la activación cerebral requieren de energía que se obtiene exclusivamente del metabolismo de la glucosa y el suministro de oxígeno. Es decir, cuando una neurona es activada utiliza glucosa y oxígeno. Estas sustancias no son almacenadas por las neuronas, con lo cual para ser reconstituidas se producen dos fenómenos: el incremento del flujo sanguíneo y el aumento de la Oxihemoglobina (Landini, Positano & Santarelli, 2005).

La IRMf usa el mismo principio hemodinámico general que el PET/SPECT pero no requiere contraste exógeno invasivo, aprovechando el fenómeno *Blood Oxygenation-Level Dependent* (BOLD), el cual se deriva de la diferente susceptibilidad magnética de la hemoglobina, dependiendo de su estado de oxigenación (Ogawa et. al, 1992 en Delgado, Rocovsky, Sanz & Castrillón, 2008). La hemoglobina puede encontrarse en dos estados de propiedades magnéticas diferentes: *oxihemoglobina* y *deoxihemoglobina*. La oxihemoglobina es diamagnética y no causan pérdida de señal en las secuencias GE-EPI; la deoxihemoglobina actúa como contraste endógeno e intravascular con la capacidad de alterar el campo magnético, debido a que es una sustancia paramagnética. Los materiales paramagnéticos causan pérdida de señal en las secuencias GE-EPI, por el incremento del fenómeno de susceptibilidad magnética regional. El cambio de proporción relativa de estas dos sustancias genera un aumento de la señal en la IRMe. La respuesta hemodinámica que se produce luego de la activación neuronal genera una modificación de la susceptibilidad magnética local y un cambio en la señal de IRMe detectada en determinada zona. Como consecuencia, la IMRf puede registrar la respuesta hemodinámica cerebral, y por principio de asociación entre el aumento de flujo sanguíneo y el incremento de la actividad cognitiva, se puede inferir que el cambio en la respuesta hemodinámica se encuentra asociado a la actividad cerebral (Landini, Positano & Santarelli, 2005).

Por lo tanto, la IRMf se basa en la adquisición de imágenes de cerebro consecutivas utilizando secuencias de pulsos ultrarrápidas, muy sensibles a la homogeneidad e intensidad del campo magnético local (Landini, Positano & Santarelli, 2005; Purves et al., 2008).

CAPÍTULO 2

Objetivos de Investigación

2.1. Objetivo General

Estudiar la activación diferencial de las redes neuronales funcionales implicadas en el reconocimiento de emociones faciales.

2.2. Objetivos Específicos

1. Explorar en la población de la ciudad de Córdoba las activaciones cerebrales diferenciales ante la presentación de emociones faciales de *alegría, tristeza, ira, sorpresa, miedo y asco* de la prueba UNCEEF.
2. Comparar la respuesta hemodinámica diferencial entre el bloque de *reposo fijación* y las expresiones faciales de *alegría, asco, ira, miedo, sorpresa, tristeza y neutras*; y observar las redes neuronales funcionales implicadas para el reconocimiento de emociones faciales.
3. Comparar la respuesta hemodinámica diferencial entre las expresiones faciales *neutras* versus expresiones faciales de *alegría, tristeza, ira, sorpresa, miedo y asco*; y observar las redes neuronales funcionales implicadas para el reconocimiento de emociones faciales.
4. Evaluar el grado de *lateralización* en la activación de redes neuronales implicadas ante la presentación de estímulos de emociones faciales.

CAPÍTULO 3

Materiales y Métodos

3.1 Selección de la Muestra

Con el fin de seleccionar los participantes que ingresarían dentro del resonador, se evaluaron 48 candidatos (26 mujeres y 22 varones), argentinos, de la ciudad de Córdoba, con nivel educativo promedio de 18 años de educación (rango 13 a 24), edad promedio 27 años (rango 18 a 44); mediante un protocolo de pruebas neuropsicológicas y antecedentes neurológicos y/o psiquiátricos.

Cada participante firmó el consentimiento informado correspondiente aprobado previamente por el comité de ética del Hospital Nacional de Clínicas, de acuerdo con la normativa impuesta por la ley provincial 9694, dando conformidad con su participación en la investigación. La investigación cumple con los criterios éticos establecidos por las leyes nacionales y provinciales, incluyendo salvaguardado de la identidad de los participantes (véase en Anexos). Cabe mencionar, que el protocolo fue aprobado previamente a su realización por el comité de ética del Hospital Nacional de Clínicas.

Los antecedentes neurológicos y/o psiquiátricos fueron evaluados a través de la aplicación del *Protocolo de Individuos Experimentales del Instituto Privado de Neurociencias de Córdoba* (véase en Anexos) en donde se evalúa la presencia de alguno de los siguientes trastornos: *accidente cerebrovascular, pérdidas de conocimiento, traumatismo de cráneo, enfermedades del sistema nervioso central, diabetes, insuficiencia renal crónica, encefalopatía hepática, alteraciones tiroideas, dolores de cabeza crónicos, epilepsia, hipertensión, problemas coronarios severos, alteraciones del sueño, episodio de coma, alteraciones psiquiátricas diagnosticadas y consumo de sustancias psicoactivas*. El registro de cualquiera de estos antecedentes descartó la participación del sujeto en la investigación.

De esta muestra se seleccionaron 30 participantes (18 mujeres y 12 varones), con nivel educativo promedio de 18 años de educación (rango 13 a 24), edad promedio 29 años (rango 21 a 44), que cumplieron los criterios de inclusión y exclusión determinados con anterioridad, es decir, los requerimientos mínimos en los rendimientos en todas las pruebas aplicadas, tanto cognitivas como la prueba UNCEEF de reconocimiento de emociones faciales, que luego sería repetida dentro del resonador.

A partir de esta selección, se realizaron tres sesiones experimentales de IRMf con el objetivo de construir el paradigma experimental. La tercera sesión fue finalmente la analizada de la cual se obtuvo la muestra final (N=17). (En el apartado "3.5. Procedimiento" se describe el proceso en el cual se ha obtenido el paradigma experimental).

3.1.1 Participantes

La muestra final, de la cual se analizaron los resultados, estuvo compuesta por 17 sujetos experimentales voluntarios (10 mujeres y 7 varones); diestros; argentinos, de la ciudad de Córdoba; con nivel educativo promedio de 18 años de educación (rango 13 a 24); edad promedio 29 años (rango 21 a 44); sin antecedentes neurológicos y/o psiquiátricos, con buen índice de reconocimiento facial de emociones, perfil cognitivo dentro de los parámetros normales y visión normal o corregida mediante lentes de contacto.

3.2 Aplicación de Instrumentos

3.2.1 Test Neuropsicológicos Utilizados.

A continuación, se detallan las pruebas neuropsicológicas que han sido utilizadas con el objetivo de seleccionar la muestra, objetivar su perfil cognitivo-conductual y garantizar que no presenten un rendimiento atípico de acuerdo a los baremos locales. Se excluyeron aquellos cuyos valores no fueron superiores ni inferiores a 1,5 desviaciones estándar según los baremos locales de población referencial, es decir se descartaron las puntuaciones superiores al valor $Z = +1,5$ e inferiores a $Z = -1,5$ (Tabachnick & Fidell, 2007).

1) Inventario de Lateralidad manual de Edimburgo: es un cuestionario breve de diez preguntas, útil para evaluar la preferencia manual en cocientes de lateralidad. Estos permiten darle un valor numérico a la lateralidad cerebral que varía desde la preferencia de la mano derecha a la mano izquierda (Cuencas, Von Seggern, Toledo, & Harrell, 1990).

2) Addenbroke's Cognitive Examination (ACE-III): es una actualización de la prueba de cribado, que incorpora en su estructura al MMSE, por lo que administrarlo conlleva la ventaja de obtener puntajes para ambas pruebas. Ha evidenciado validez convergente, confiabilidad, sensibilidad y especificidad para

determinar la presencia de un perfil cognitivo patológico. Considerando las características favorables de esta prueba y que los rendimientos en pruebas cognitivas son sensibles a variables socioculturales. Tiene incorporado subtests que miden dominios cognitivos globales tales como de *orientación, atención, memoria, fluidez verbal, lenguaje y habilidades viso-espaciales* (Torralva, Roca, Gleichgerrcht, Bonifacio, Raimondi & Manes, 2011).

2a) Sub-tests de Fluidez Verbal Semántica (FVS) y Fluidez Verbal Fonológica (FVF) de la prueba ACE-III. En la prueba de FVS, se le pide al sujeto que diga todos los nombres de animales que recuerde y se le informa que tiene un minuto para hacerlo. Para la calificación final, se considera la totalidad de las respuestas correctas emitidas por el sujeto. No se puntúan las intrusiones -los nombres que no son de animales-, las perseveraciones -los nombres anteriormente dichos-, los nombres derivados -por ejemplo: "perro", "perrito"-, ni las categorías supra-ordinarias -por ejemplo: pájaros, peces, insectos, mamíferos, etc.- En la prueba de FVF, se le solicita al sujeto que diga todas las palabras que pueda que comienzan con la letra P, que no sean nombres propios o palabras derivadas -por ejemplo: "pan"; "panadería"-. También se le informa que tiene un minuto para hacerlo. Para la calificación final, se considera la totalidad de las respuestas correctas emitidas por el sujeto. No se contabilizan las intrusiones -las palabras que no comienzan con la letra P-, las perseveraciones -las palabras mencionadas anteriormente-, los nombres propios, ni las palabras derivadas. Con la tarea de fluidez verbal, herramienta clásica de valoración neuropsicológica (Ruff et al., 1997; Marino et al., 2012), nos proponemos indagar una dimensión ejecutiva del comportamiento verbal (Lezac et al., 2012). Una tarea de evocación léxica o fluencia verbal implica la puesta en marcha de mecanismos ejecutivos, como la inhibición (Anderson et al., 2002, en: Jurado y Roselli, 2007; Henry y Crawford, 2004; Marino et al., 2011; García et al., 2012), la flexibilidad cognitiva (Troyer, 2000), la atención (Marino et al., 2011; García et al., 2012), y la organización (Henry y Crawford, 2004; García et al., 2012.).

3) Ineco Frontal Screening (IFS): es un test de screening para detectar déficits en funciones ejecutivas. Está compuesto por sub-pruebas tales como *series motoras, instrucciones conflictivas, control inhibitorio motor y verbal,*

razonamiento abstracto, memoria de trabajo verbal y visual (Torralva, Roca, Gleichgerrcht, López, & Manes, 2009).

4) Subprueba de Imágenes superpuestas del Test Barcelona revisado (TBR): se trata de reconocer y discriminar dibujos lineales de cuatro objetos superpuestos con el objetivo de evaluar habilidades perceptuales, gnosis visuales y praxias constructivas (Peña Casanova, Guardia, & Bertran Serra, 1997).

5) Universidad Nacional de Córdoba Evaluación de Emociones Faciales (UNCEFF): la prueba objetivo del trabajo mencionada anteriormente, es un test de reconocimiento de las emociones faciales que presenta nuevas fotografías tomadas a color en población de la ciudad de Córdoba, analizadas a través del sistema FACS. La prueba cuenta 60 fotografías estímulos (FACS-verified), con la disposición de 6 actores que interpretan 9 fotografías de alegría, sorpresa, asco e ira, 8 de tristeza, 6 de miedo y 10 con expresiones neutras (Pereno, Vaiman y Caicedo, 2015).

6) Test del Trazo ó TMT (por sus siglas en inglés Trail Making Test): es una prueba neuropsicológica dividida en dos partes que consiste en la realización de un trazado mediante un lápiz sobre una hoja que exhibe números (parte A) y luego otra compuesta de números y letras (parte B). La persona debe conectar en primer término los 25 números dispuestos en la hoja, haciéndolo del modo más veloz posible y sin levantar el lápiz de la hoja. El evaluador controla el tiempo que demora la persona en realizar el trazado, y computa el rendimiento en segundos. Luego le entrega la parte B de la prueba, que consiste en la unión alternativa de un número y una letra, debiendo conservar tanto el orden de sucesión de los números como el orden alfabético de las letras. Los números se extienden del 1 al 13, mientras que las letras comprenden de la A hasta la L. La forma de computar el resultado es análoga a la de la parte A (Fernández, Marino & Alderete, 2002). Es una prueba que mide por excelencia los diferentes dominios atencionales.

7) Test de Stroop: prueba de Colores y Palabras (Golden, 1994). Esta técnica consta de tres partes. En cada una de ellas se presenta al sujeto una hoja con 100 estímulos, distribuidos en 5 columnas de 20. En la primera instancia, se le

indica al sujeto que lea lo más rápido que pueda una hoja en la que están escritas las palabras "rojo", "verde" y "azul". Las palabras están ordenadas de forma aleatoria e impresas en tinta negra. Transcurridos 45 segundos, se interrumpe la actividad y se pasa a la siguiente página -este sistema se aplica del mismo modo las tres veces-. En la segunda hoja se presentan grupos de "X" ("XXXX"); estos estímulos son iguales entre sí, a excepción del color -rojo, verde o azul-. Se le indica al sujeto que nombre el color de la tinta en que están impresos los grupos de "X", tan rápido como sea posible. La tercera instancia consiste en la nominación del color de la tinta en que está escrita cada palabra, con la particularidad de que los colores de las tintas y el significado de las palabras presentadas no coinciden (por ejemplo, el estímulo consiste en la palabra "azul" escrita en tinta de color rojo). La incongruencia entre el color y el significado de la palabra genera interferencia, lo que se evidencia en un mayor tiempo de reacción y más cantidad de errores. En esta tercera condición se evalúa inhibición de la respuesta automática. En todos los casos se registra la actividad del sujeto y se contabilizan los estímulos correctamente leídos o denominados, a partir de los cuales se calcula el índice de interferencia. Implica dirigir la atención de forma selectiva a una dimensión menos sobresaliente del estímulo, y al mismo tiempo, inhibir una respuesta automática (Soprano, 2009).

8) *Inventario de depresión de Beck:* es un cuestionario autoadministrado que consta de 21 grupos de afirmaciones para indagar sobre posible sintomatología depresiva tales como: tristeza, pesimismo, irritabilidad, sentimiento de fracaso e inutilidad, anhedonia, autocrítica, sentimiento de culpa, deseos o pensamientos suicidas, fatigabilidad, cambios en la concentración, conducta sexual, sueño y/o apetito. Se le pide al sujeto que elija la opción más acertada en relación con cómo se ha sentido las últimas dos semanas. Se puede detectar el grado de severidad de los síntomas en mínima, leve, moderado o grave (Sanz, Perdigon, & Vazquez, 2003).

9) *STAI I Y II. Inventario de Ansiedad Estado/Rasgo:* es cuestionario autoadministrado que mide los factores de personalidad que predispone a sufrir o no ansiedad (ansiedad rasgo), junto a los factores ambientales que protegen o generan ansiedad en un momento particular (ansiedad estado). El objetivo es determinar si el participante presenta sintomatología ansiosa o ansiedad

patológica. Esta escala permite medir el grado de severidad de los síntomas en leve, moderado o grave en el caso que se registraran (Guillen & Gualberto Buela, 2011).

3.2.2. Características del Resonador Magnético Funcional Utilizado

La obtención de imágenes se llevó a cabo mediante la utilización de un Resonador Magnético Funcional Phillips Achieva, 1.5 Teslas, en el Instituto Conci-Carpinella de la provincia de Córdoba.

Se utilizó una matriz de reconstrucción de 64 X 64, con secuencias eco-planares T2* de adquisición única (single-shot) con los siguientes parámetros: amplitud por 'slice' 4 mm.; espacios entre cortes (gap) de 0 mm.; tiempo de repetición/tiempo de eco (TR/TE) 2000/50 milisegundos.; tamaño de voxel: 3.59 X 3.59 X 4 mm. La duración de los dinámicos fue de 2000 milisegundos, obteniéndose 20 'cortes' (slices) por volumen. Cada toma (por condición) duró 120 segundos, obteniéndose 70 dinámicos divididos en 7 períodos de 30 segundos cada uno. El campo de visión (FOV; RL: derecho-izquierdo; AP: anterior-posterior; FH: abajo-arriba) tuvo los siguientes parámetros: FOV RL 230 mm.; FOV AP 230 mm.; FOV FH 107 mm.

3.3. Diseño Metodológico.

El diseño metodológico se planteó como *descriptivo*, y la obtención de datos en el resonador fue basada en los paradigmas de *diseño de bloques* (box car design, Figura 2). En este diseño se realiza una sustracción de los datos recabados en dos tipos de bloques: *de 'activación'* y *de 'reposo'*. La sustracción cognitiva que se deriva de los procesos estudiados es la base primordial de la IRMf, ya que, si se comparan la señal proporcional al tiempo de relajación T2* en una misma región bajo estas dos condiciones, se podrán encontrar diferencias que pueden ser tomadas como un índice indirecto del grado de actividad neuronal. Este tipo de señal se denomina contraste BOLD (del inglés Blood Oxygen Level Dependent, dependiente del nivel de oxígeno en la sangre) y no posee significado por sí solo, sino en el contexto experimental en el que se observa. En términos generales, se deben tener en cuenta los siguientes

aspectos: 1) *el objetivo de la medición*, es decir, el constructo, proceso o tarea cognitiva que se busca investigar; 2) *la presentación del estímulo*, si será visual, auditivo, audiovisual, somatoestésico, combinada, etc. De la misma forma se tiene que considerar la salida (output) o respuesta del sujeto experimental, en los mismos términos; 3) *los tiempos de presentación*, considerando que la respuesta hemodinámica cerebral es muy breve y los tiempos de adquisición de imágenes son más prolongados; 4) *la tarea propiamente dicha que realizará el sujeto experimental*.

Es de suma relevancia la tarea de '*reposo*' y las características de similitud con la tarea de '*activación*', buscando que la tarea de '*reposo*' demande la menor actividad cognitiva posible.

En el caso particular del presente estudio, el objetivo central fue la especificidad de la prueba relacionada con el reconocimiento facial de emociones y la participación diferencial de las distintas emociones. Se utilizaron *dos tipos de reposo*: 1) **fijación**: la proyección de una *cruz* blanca en posición central con fondo gris oscuro (Figura 3); 2) **rostro neutro**: proyección de fotografías pertenecientes a la prueba UNCEEF de expresiones faciales neutras, es decir, que no expresan emocionalidad (figura 4).

Respecto a los tiempos de presentación, existen dos aspectos a tener en cuenta: 1) *la posibilidad de manipular la cantidad de registros (dinámicos)*; 2) *el tiempo prudencial de cada bloque*. En cuanto a este último punto, el aumento de la cantidad de bloques aumentará la potencia de contraste y mejorará el registro obtenido. Por contrapartida, aumenta el tiempo de la prueba, y por ende los errores asociados al cansancio de su ejecución.

El paradigma utilizado fue sufriendo modificaciones a lo largo de las sesiones experimentales con el fin de ir mejorándolo. En la sección 3.6 *Procedimiento* se detallan los paradigmas utilizados en cada sesión.

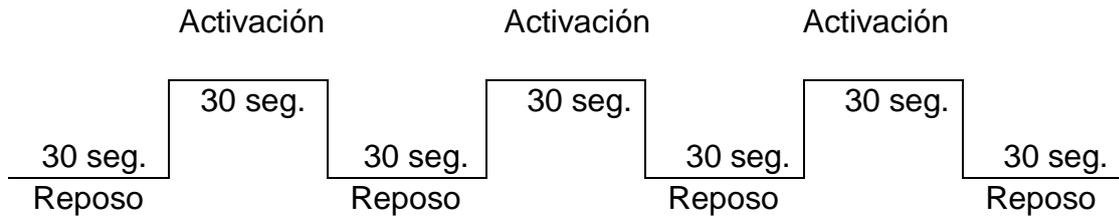


Figura 2. Modelo de diseño de bloques.

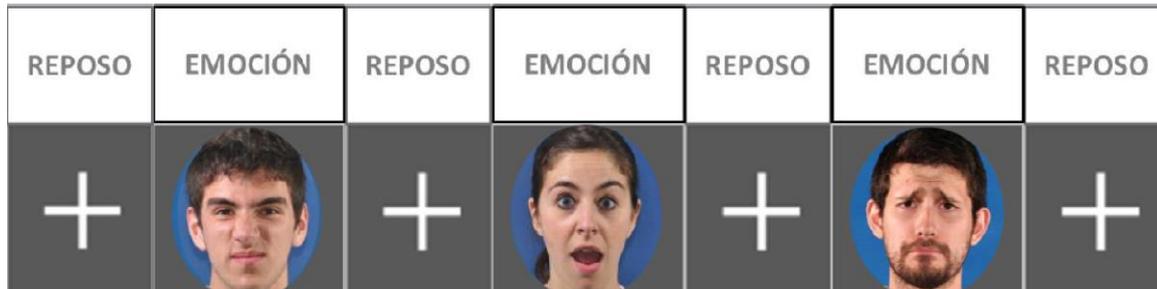


Figura 3. Diseño de paradigma de bloques implementado: bloque de activación son fotos de expresiones faciales de emociones y los bloques de reposo son una cruz blanca en el centro de la pantalla.

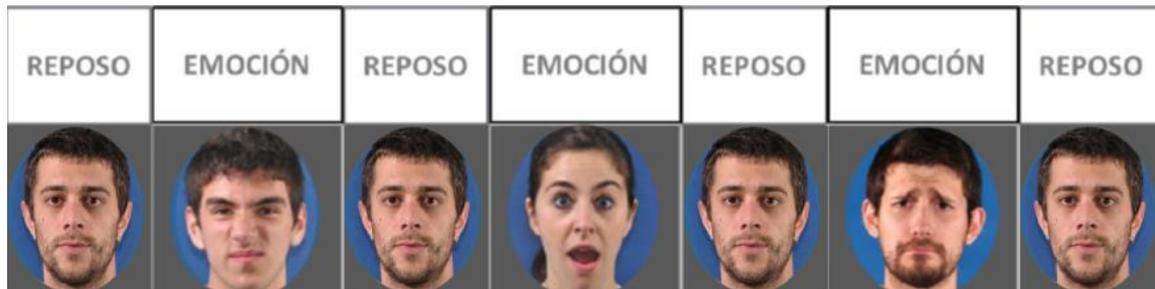


Figura 4. Diseño de paradigma de bloques implementado: bloque de activación son fotos de expresiones faciales de emociones y los bloques de reposo fotos de rostros neutros.

3.4. Post-procesamiento

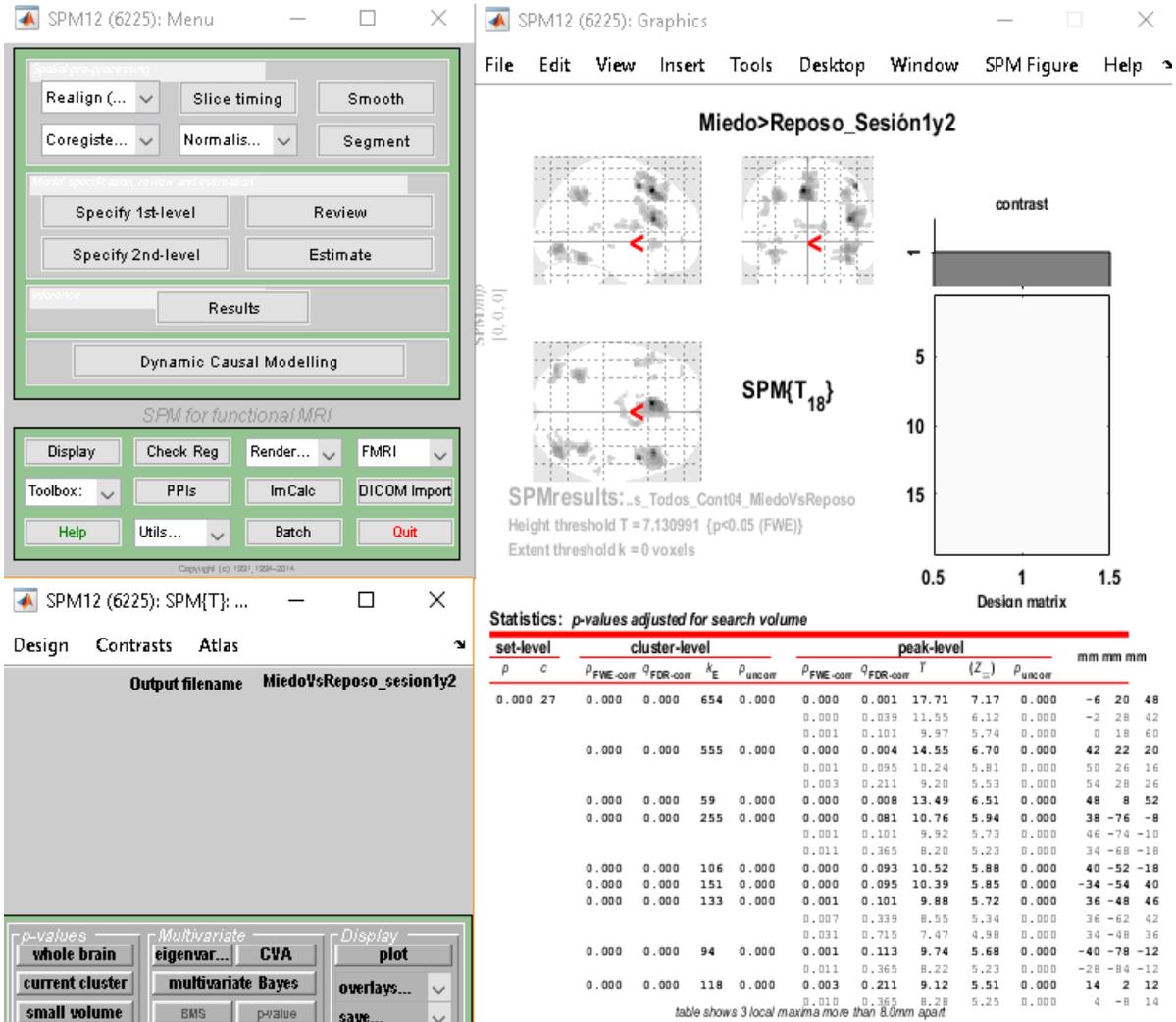
El proceso de *post procesado* de las imágenes se refiere al tratamiento digital que se aplica sobre las IRMf, y tiene como finalidad mejorar su calidad. Usualmente, comprende de: 1) *realineado*, 2) *corregistro* 3) *normalización* 4) *suavizado*. El *realineado* consiste en una transformación geométrica de todas las imágenes mediante cambios rígidos. La finalidad es subsanar el desplazamiento de cada imagen respecto a la otra cuando es registrada, debido al movimiento involuntario de cabeza que realiza el sujeto en la evaluación. El *corregistro* se ocupa de registrar las diferentes modalidades de imágenes, en especial de combinar las imágenes de información estructural con las funcionales. El

normalizado resulta fundamental para la comparación entre diferentes sujetos experimentales o con un cerebro de referencia. En el caso particular de este análisis, se utilizó la imagen EPI (Echo Planar Imaging) normalizando los T1 o imágenes estructurales y funcionales a las coordenadas MNI (standard Montreal Neurological Institute), provista por el software SPM, para normalizar los cerebros. Finalmente, el proceso de *suavizado* consiste en un procesado gaussiano que permite mejorar la relación señal/ruido. Este proceso tiende a difuminar la imagen, pero muchas veces esto resulta provechoso. En la presente investigación se optó por suavizar cada voxel con un tamaño al doble de su adquisición.

Luego del post-procesado de las imágenes, se aplican los estadísticos que permiten analizar el conjunto homogéneo de sujetos experimentales y obtener así los **clústeres de activación** que representan la respuesta hemodinámica a la tarea del paradigma propuesto, en este caso, el RFE. Este análisis puede realizarse de diversas maneras, entre ellas correlación, prueba "T" (*T de student*), ANOVA y estadística paramétrica. El grado de ajuste de error permitirá ponderar el peso de esa activación observada, debido a que la muestra de la cantidad de voxel (unidad cúbica tridimensional) es extremadamente grande, y puede llegar a observarse numerosa cantidad de errores tipo I (falsos positivos).

Para la presente investigación se aplicaron pruebas T y se utilizó un análisis de cerebro completo para cada prueba con un tipo de error 'no-correctado' de $p < 0,001$ de manera inicial, como así también FWE (family wise error) de $p < 0,05$ para los casos en que se obtuvo un mejor grado de registro de la respuesta hemodinámica. Se aplica FWE $p < 0,05$ en el caso de encontrar activaciones de mayor poder estadístico T, ya que disminuye significativamente la posibilidad de encontrarse con errores tipo falsos positivos, brindando una información más fidedigna. Se utilizó para el análisis *los bloques de emoción versus condición reposo fijación* (pantalla con una cruz en posición central (+)) FWE $p < 0,05$ y un umbral establecido de clusters mayores a 20 voxels, y para *los bloques de emoción versus rostro neutro* (proyección de una cara neutra) se utilizó un análisis "p no-correctado" ($p < 0,001$) de cerebro completo, y se consideraron los clústeres mayores a 5 voxels (para ampliar sobre análisis de errores de tipo 'correctado' – 'no correctado' ver Nichols & Hayasaka, 2003).

El post-procesamiento de las imágenes fue realizado offline utilizando el entorno software MATLAB 2017 y el paquete software Statistical Parametrical Mapping (SPM) versión 12.0 (Figura 5), que se monta sobre el lenguaje MATLAB y ha sido diseñado para el análisis de secuencias de datos de imágenes cerebrales, como las utilizadas en este trabajo.



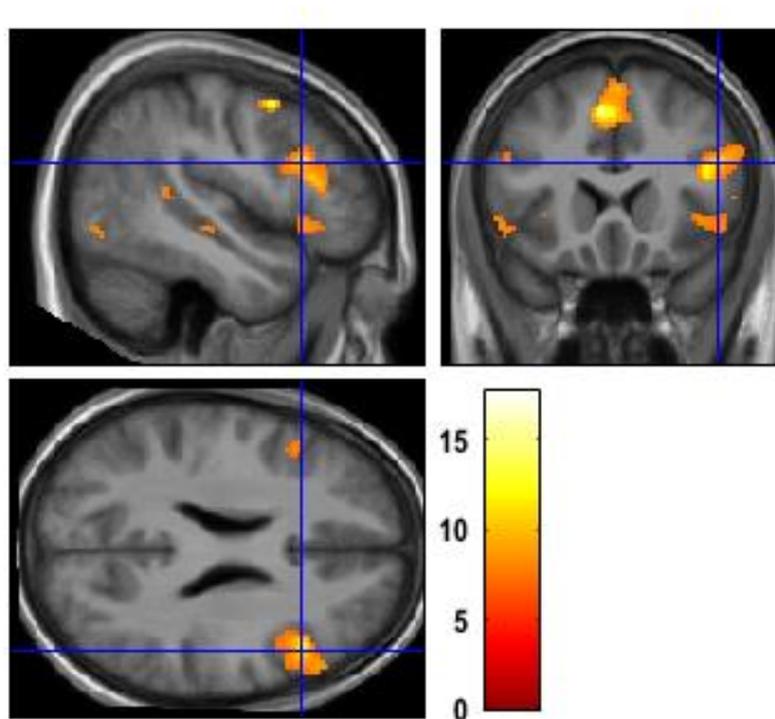


Figura 5. SPM12. Pantalla de visualización de resultados en el procesado de imágenes. Arriba a la izquierda, recuadro de menú de procesado de imágenes, en el que se realizan el registro y realineación, corrección, normalizado y suavizado de las imágenes. Abajo a la izquierda, recuadro de menú de análisis de resultados. Derecha, recuadro de visualización de gráficos sobre resultados, en el que se producen las imágenes bidimensionales, se visualizan las coordenadas, y la escala del valor T para cada activación.

3.5. Cálculo de Índice de Lateralidad

Una vez que se procesan las imágenes y se obtienen las activaciones para cada uno de los contrastes analizados, es posible calcular un índice de lateralidad, contabilizando la cantidad de activaciones y su extensión en cada uno de los hemisferios. La ecuación n°1 muestra la definición del *Índice de Lateralidad (IL)*, dada por la diferencia de activaciones entre cada hemisferio dividido la cantidad de activaciones totales. Si el cálculo arroja un valor de 1 la tarea es totalmente dominante izquierda y si arroja un valor de -1 se considera totalmente lateralizada hacia el hemisferio derecho. En general, los cálculos de IL no suelen arrojar valores tan determinantes, con lo cual se define una tarea como predominantemente izquierda o derecha si el IL es mayor o menor a umbrales previamente establecidos. Es usual encontrar en la bibliografía la determinación de ese umbral de IL en 0,1. Por lo tanto, si el cálculo de IL da por encima de 0,1 se considera a la tarea lateralizada en el hemisferio izquierdo, si da entre

$0,1 > IL > -0,1$ se considera bilateral; y si el IL resulta menor a $-0,1$ se considera con lateralización derecha (Zacà 2012, Strandberg 2011, Pillai 2011 & Suarez, 2009). Cabe destacar, que en general estos índices si bien pueden obtenerse de manera global en el cerebro, suelen calcularse por áreas de interés, utilizando máscaras. Es decir, se calcula teniendo en cuenta sólo las activaciones presentes en el lóbulo frontal, temporal, Insular etc. Dependiendo la región de interés en la tarea de estudio.

$$IL = \frac{\sum L - \sum R}{\sum L + \sum R} \cdot k \quad (1)$$

Ecuación 1: definición del Índice de lateralidad (IL). .En donde $\sum L$ y $\sum R$ son la sumatoria de los voxels activos en el hemisferio izquierdo o derecho respectivamente y k una constante que suele ser igual a 1.

Este tipo de cálculos se efectúa en muchas ocasiones de manera manual, lo que presenta ciertas dificultades y debilidades estadísticas. Cómo ya se explicó anteriormente, la cantidad y tamaño de activaciones presentadas depende fuertemente del umbral del valor T elegido y el tipo de corrección (*no corregido* (p unc) o *Family Wise Error (FWE)*). Por otro lado, ¿que debe considerarse para establecer una lateralización? ¿el tamaño de las activaciones o su intensidad o valor T? Por esta razón si se calcula el índice de manera manual el valor obtenido sería *sujeto dependiente*. Con el fin de solucionar este inconveniente, se han desarrollado diversas metodologías de cálculo entre las que se destaca la herramienta IL Toolbox para SPM desarrollado por el University Children's Hospital Tübingen (Wilke, 2007). Esta herramienta brinda diferentes metodologías de cálculo de las cuales en este trabajo hemos elegido el *método Bootstrap* para el cálculo de lateralidad de cada emoción en contraste con condición de reposo fijación y rostro neutro. El método calcula el IL a partir del mapa T de activaciones sin ningún tipo de umbral, genera poblaciones de activaciones de manera aleatoria para distintos umbrales, y teniendo en cuenta inferencias estadísticas, es capaz de determinar un IL pesado por el valor de umbral respectivo, es decir, permite obtener un único valor de LI que tiene en cuenta el método del umbral iterativo, minimiza la posibilidad de cálculos erróneos debido a outliers, permite la utilización de máscaras pre establecidas,

incrementa la estabilidad del índice obtenido al aumentar la base de información sobre la cual se calcula y restringir la influencia de valores outliers, no agrega ni reemplaza valores de los datos originales, sino que solo los re-muestrea. Por lo tanto, utilizando la herramienta LI Toolbox para SPM y seleccionando el método de cálculo Bootstrap, se ha podido calcular los índices de lateralidad para cada una de las emociones en comparación con los bloques de reposo fijación y rostro neutro. Se tomó el valor "*Weighted Mean*" para determinar la lateralidad considerando como **Lateralidad Izquierda si el $IL > 0,1$, Lateralidad Derecha si el $IL < -0,1$ y Bilateral si $-0,1 < IL < 0,1$** . Se utilizaron máscaras pre-establecidas generadas con el software WFU Pick Atlas (Maldjian, 2003) para los lóbulos *Frontal, Temporal, Parietal, Ínsula, sistema Límbico y giros Cingulados*. Los resultados se presentan en la tabla 15 y 16 del capítulo de *Resultados*.

3.6. Procedimiento.

En primera instancia se seleccionaron 30 candidatos para ingresar al resonador, teniendo en cuenta, como se mencionó anteriormente, que no mostraran puntuaciones atípicas en las pruebas neuropsicológicas aplicadas ni antecedentes neurológicos ni psiquiátricos.

Se les informó en qué consistía una resonancia funcional, se los entrenó previamente en la prueba que debería realizar dentro del resonador, es decir, los participantes ingresaron con conocimiento del procedimiento a realizar. Se les indicó permanecer inmóvil durante la toma de imágenes. A su vez, se explicó que los primeros 5 minutos son de obtención de imágenes estructurales donde el participante no necesita hacer nada; posteriormente, se procedió a evaluar el paradigma *de REF*.

Se intentó en todos los casos brindar un entorno seguro, para disminuir la ansiedad frente la incertidumbre de la prueba, el equipo técnico y de ingresar a un espacio cerrado como es el resonador. Se propuso que uno de los evaluadores ingrese en la sala donde se encuentra el resonador con el participante voluntario para ofrecer mayor confianza y recordarles que puede abandonar la tarea cuando lo desee.

Se diseñaron *tres paradigmas experimentales* (de procedimientos diferentes) con el objetivo de obtener un paradigma final, aumentar su valor estadístico y analizar los resultados y objetivo del presente trabajo. A continuación, se describen las tres sesiones experimentales dentro del Resonador Magnético funcional.

3.5.1. Primera sesión experimental en IRMf

En este primer segmento experimental ingresaron 3 sujetos al resonador con la finalidad de testear la creación del paradigma experimental (N=3; 2 mujeres y 1 varón), diestros, edad promedio 32 años (rango 30-35), educación promedio 20 años (rango 17-22). Se aplicaron 3 pruebas por sujeto mediante el diseño de bloques de 70 dinámicos o imágenes en total cada una. Cada *bloque de activación* incluyó una fotografía del UNCEFF de un rostro que represente una emoción: *alegría, miedo, asco, tristeza, enojo y sorpresa*. Los *bloques de reposo* fueron la imagen de una cruz en posición central, en la que él participante debía mirarla y concentrarse en su respiración. El paradigma estuvo compuesto de la siguiente manera: la proyección de la imagen de un *rostro alegre (bloque de activación)* vs la *imagen de una cruz (bloque de reposo)*; *rostro triste vs cruz*; *rostro de asco vs cruz*. Se repitió el procedimiento, pero los bloques de reposo eran con *rostros neutros: alegría vs neutro, tristeza vs neutro, asco vs neutro*. Cada emoción fue repetida 3 veces, es decir se alternaron 4 bloques reposo con 3 bloques de cada emoción (alegría, tristeza y asco). Las fotografías en cada paradigma fueron agrupadas de a 10 para cada bloque, con un tiempo de presentación de 3 segundos cada una, dando una duración por bloque de 30 segundos. El rostro fue enmarcado en un óvalo restringiendo la visualización, dejando solo el rostro al descubierto, es decir se eliminó pelo, orejas, cuello.

La adquisición se llevó a cabo mediante imágenes EPI *single shot* con los siguientes parámetros:

- Tiempo de Repetición (TR) = 3 segundos, el número de cortes 35.
- Tiempo de Eco (TE) = 50 ms.
- Tamaño de la Imagen (FOV) = 230 x 230 x 120 mm³
- Tamaño de Voxel = 3.59 x 3.59 x 4 mm³
- Tiempo Total = 3 minutos 50 segundos
- Imágenes Dummy = 4.

El objetivo de este primer módulo de evaluación fue evaluar el diseño experimental y ayudar a estructurar el diseño definitivo. Esta sesión experimental permitió la toma de una serie de decisiones que fueron implementadas en la siguiente sesión y que se detallan a continuación.

3.5.2. Segunda sesión experimental en IRMf

En esta segunda instancia de prueba ingresaron 8 sujetos, en donde se aplicó el paradigma experimental creado tras la sesión previa (N=8; 3 varones y 5 mujeres, diestros, edad promedio 32,88 años (rango 28-40), educación promedio 16,63 años (rango 15-17). Se utilizó una única prueba mediante *diseño de bloques*, en la cual se incluyeron todas las emociones: *alegría; tristeza; asco; miedo; sorpresa, enojo y los rostros de expresión neutra*. Se intercalaron las fotos proyectadas de emociones con bloques de *reposo* (imagen de una cruz), maximizando la eficiencia del paradigma en cuanto a los tiempos de presentación y la utilidad estadística de los bloques de reposo. Para aumentar el valor estadístico, cada emoción fue repetida 3 veces, lo que significa que cada emoción fue contrastada con 21 bloques de reposo.

Para asegurar un correcto reconocimiento de las emociones y mantenimiento de la atención por parte del voluntario durante toda la prueba, se incluyó una diapositiva luego de cada bloque en la que se preguntaba que emoción había podido reconocer, pidiéndole al participante que dijera su elección en voz alta, obteniendo así un feedback de su performance y registrando las respuestas emitidas.

En el paradigma se adquirieron 236 imágenes de cerebro consecutivas o dinámicas, más 4 imágenes dummy que el equipo deshecha automáticamente. Se disminuyó a 30 el número de cortes adquiridos con respecto al primer módulo experimental para disminuir los tiempos de adquisición. El tiempo de repetición

utilizado fue de 2.9 segundos. Cada bloque activo de cada emoción contó con 6 fotografías presentadas durante 2.8 segundos cada una intercaladas por una pantalla blanca de 0.1 segundos de duración. Los bloques de reposo tuvieron una duración de 11.6 segundos y la diapositiva de respuesta 2.9 segundos. El tiempo total de la prueba fue 11 minutos 36 segundos.

El objetivo de este segundo módulo de evaluación fue testear el diseño experimental. Durante la sesión experimental se observó un desfase entre los tiempos de adquisición de las imágenes por parte del Resonador Magnético y la proyección de los estímulos, lo que condujo al re-diseño del paradigma para una siguiente sesión experimental.

La adquisición se llevó a cabo mediante imágenes EPI *single shot* con los siguientes parámetros:

- Tiempo de Repetición (TR) = 2.9 segundos, el número de cortes 30.
- Tiempo de Eco (TE) = 50 ms.
- Tamaño de la Imagen (FOV) = 230 x 230 x 120 mm³
- Tamaño de Voxel = 3.59 x 3.59 x 4 mm³
- Tiempo Total = 11 minutos 36 segundos
- Imágenes Dummy = 4.

3.5.3. Tercera sesión experimental en IRMf

En esta última sesión ingresaron 19 voluntarios (11 mujeres y 8 varones, diestros, edad promedio 29 años (rango 22-42), educación promedio 18 años (rango 15-22) en la que se aplicó el paradigma experimental creado tras la sesión previa. Se excluyeron dos sujetos por artefacto de movimiento dentro del resonador, obteniéndose una muestra final de 17 sujetos (10 mujeres y 7 varones) con nivel educativo promedio de 18 años de educación (rango 13 a 24); edad promedio 29 años (rango 21 a 44).

Se utilizó el mismo paradigma de la sesión anterior en la cual se incluyó un desfase temporal al comienzo de las imágenes dummy. De esta manera los tiempos de duración de cada bloque o estímulo se mantuvieron inalterados, pero se logró una correcta sincronización entre los tiempos de presentación de los estímulos con los tiempos del resonador. Además, en esta sesión se mejoró el *post-procesamiento* de las imágenes con respecto a las sesiones anteriores: se corrigieron los tiempos de adquisición de cada corte.

Para cada uno de los voluntarios se registró una imagen estructural T1 del cerebro para superponer con las activaciones obtenidas. Los parámetros de adquisición de las imágenes estructurales fueron: Secuencia T1 3D Sagital, FOV 250 x 250 x 161 mm³, Tamaño de voxel = 0.98 x 0.98 x 0.5 mm³.

La adquisición se llevó a cabo mediante imágenes EPI *single shot* con los siguientes parámetros:

- Tiempo de Repetición (TR) = 2.9 segundos, el número de cortes 30.
- Tiempo de Eco (TE) = 50 ms.
- Tamaño de la Imagen (FOV) = 230 x 230 x 120 mm³
- Tamaño de Voxel = 3.59 x 3.59 x 4 mm³
- Tiempo Total = 11 minutos 36 segundos
- Imágenes Dummy = 4.

CAPÍTULO 4

Resultados

4. Resultados Obtenidos

En la siguiente sección se presentan los resultados obtenidos para la tercera sesión experimental, en donde se muestran los resultados de los bloques de activación versus los bloques de reposo de **fijación** (pantalla con una cruz en posición central (+)) y de **rostro neutro** (proyección de una cara neutra).

Para el caso de la condición de reposo fijación se aplicó un análisis de "p corregido" (FWE<0.05) y el umbral establecido fue clústers mayores o iguales a 20 voxels. Para el de condición de reposo rostro neutro, se utilizó un análisis "p no-correctado" (p<0.001) de cerebro completo en donde se tuvieron en cuenta clústers mayores a 5 voxels.

A continuación, se detallan los resultados registrados.

4.1. Reconocimiento de Emociones Faciales vs. Condición de Reposo Fijación

4.1.1. Alegría vs. Reposo Fijación.

En el análisis de p corregido (FWE<0.05) se observaron 7 clústeres con 9 picos de activación que superaron el umbral establecido. Las regiones que registraron respuesta hemodinámica diferencial fueron: **giro frontal medio derecho, giro pre-central bilateral, núcleo caudado izquierdo, giros fusiformes bilaterales y giro occipital medio e inferior derecho.**

Tabla 2. Alegría > Fijación. P corregido (FWE=0,05).

Cluster		Pico			Coordenadas			Etiquetas			
p(FWE-corr)	K	p(FWE-corr)	T	Z	x	y	z	H (*)	BA	Área Cerebral	mm
0,00	230	0,00	11,59	5,91	42	-74	-6	D	19	Giro Occipital Inferior	0
		0,00	10,54	5,68	22	-86	-8	D	18	Giro Occipital Medio	0
		0,02	8,66	5,20	38	-70	-14	D	19	Giro Fusiforme	1
0,00	38	0,00	10,69	5,72	-38	-52	-14	I	37	Giro Fusiforme	1
0,00	26	0,00	10,36	5,64	44	6	54	D	6	Giro Frontal Medio	0
0,00	41	0,01	9,37	5,40	50	-10	42	D	4	Giro Precentral	1
0,00	34	0,01	9,19	5,35	-34	-78	-12	I	19	Giro Precentral	1
0,00	48	0,01	9,19	5,35	44	18	28	D	9	Giro Frontal Medio	2
0,00	40	0,01	9,01	5,30	-12	0	12	I	*	Nucleo Caudado	2

k= tamaño del clúster; p(FWE-corr)= p corregido; BA= Área de Brodmann; T= Prueba T; mm= Rango en milímetros
H (*)= Hemisferio, I = Hemisferio Izquierdo, D= Hemisferios Derecho.

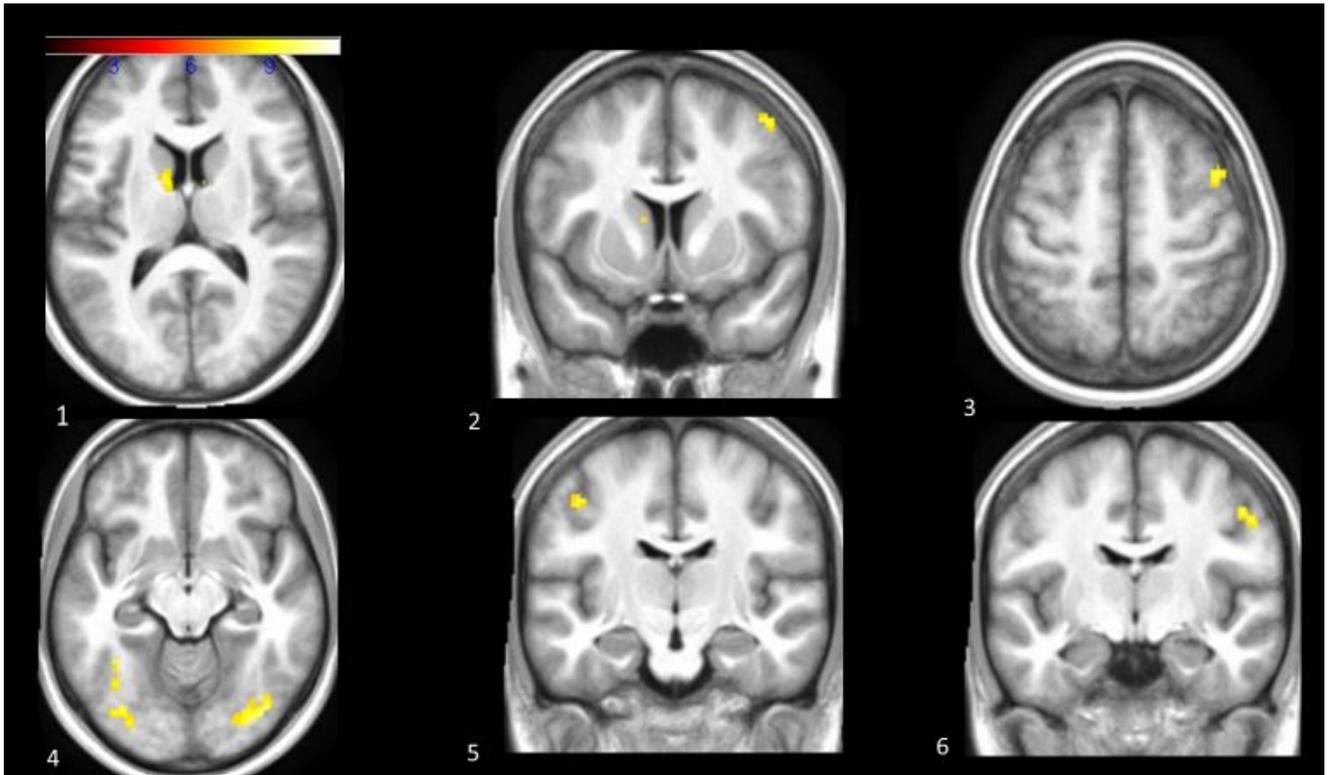


Figura 6. Contraste entre las activaciones de **Alegría vs. condición de Reposo Fijación** mediante análisis P corregido ($FWE < 0,05$). 1) Corte Axial: Núcleo caudado izquierdo; 2) Corte Coronal: giro frontal medio derecho; 3) Corte Axial: giro frontal medio derecho; 4) Corte Axial: giros fusiformes bilaterales; 5) Corte Coronal: giro pre-central izquierdo y 6) Corte Coronal: giro pre-central derecho.

4.1.2. Asco vs. Reposo Fijación.

En el análisis de p corregido ($FWE < 0.05$) se observaron 8 clústeres con 12 picos de activación que superaron el umbral establecido. Las regiones que registraron la respuesta hemodinámica diferencial fueron: **ínsula izquierda, giro frontal inferior bilateral, giro frontal medio izquierdo y medial izquierdo, giro temporal superior derecho, giro fusiforme derecho y cerebelo bilateral.**

Tabla3. Asco> Fijación. P corregido (FWE=0,05)

Cluster		Pico			Coordenadas			Etiquetas			
<i>p</i> (FWE-corr)	K	<i>p</i> (FWE-corr)	T	Z	x	y	z	H (*)	BA	Área Cerebral	mm
0,00	741	0,00	16,06	6,66	42	-56	-16	D	37	Giro Fusiforme	0
0,00	302	0,00	13,63	6,29	-32	-76	-22	D	*	Cerebelo	0
		0,00	11,22	5,83	-42	-62	-28	I	*	Cerebelo	0
		0,00	10,27	5,62	-42	-78	-12	D	19	Giro Fusiforme	1
0,00	94	0,00	13,18	6,21	58	-48	12	D	22	Giro Temporal Superior	1
0,00	61	0,00	11,39	5,87	-34	4	36	I	9	Giro Precentral	3
		0,01	8,96	5,29	-42	2	38	I	6	Giro Frontal Medio	0
0,00	54	0,00	10,28	5,62	-2	20	46	I	8	Giro Frontal Medial	0
0,00	20	0,00	9,91	5,53	52	30	-2	D	47	Giro Frontal Inferior	2
0,00	25	0,01	9,43	5,41	-42	22	-8	I	47	Giro Frontal Inferior	3
								I	13	Insula	4
0,00	27	0,01	8,85	5,26	8	-76	-22	D	*	Cerebelo	0

k= tamaño del clúster; *p*(FWE-corr)= *p* corregido; BA= Área de Brodmann; T= Prueba T; mm= Rango en milímetros
H (*)= Hemisferio, I = Hemisferio Izquierdo, D= Hemisferios Derecho.

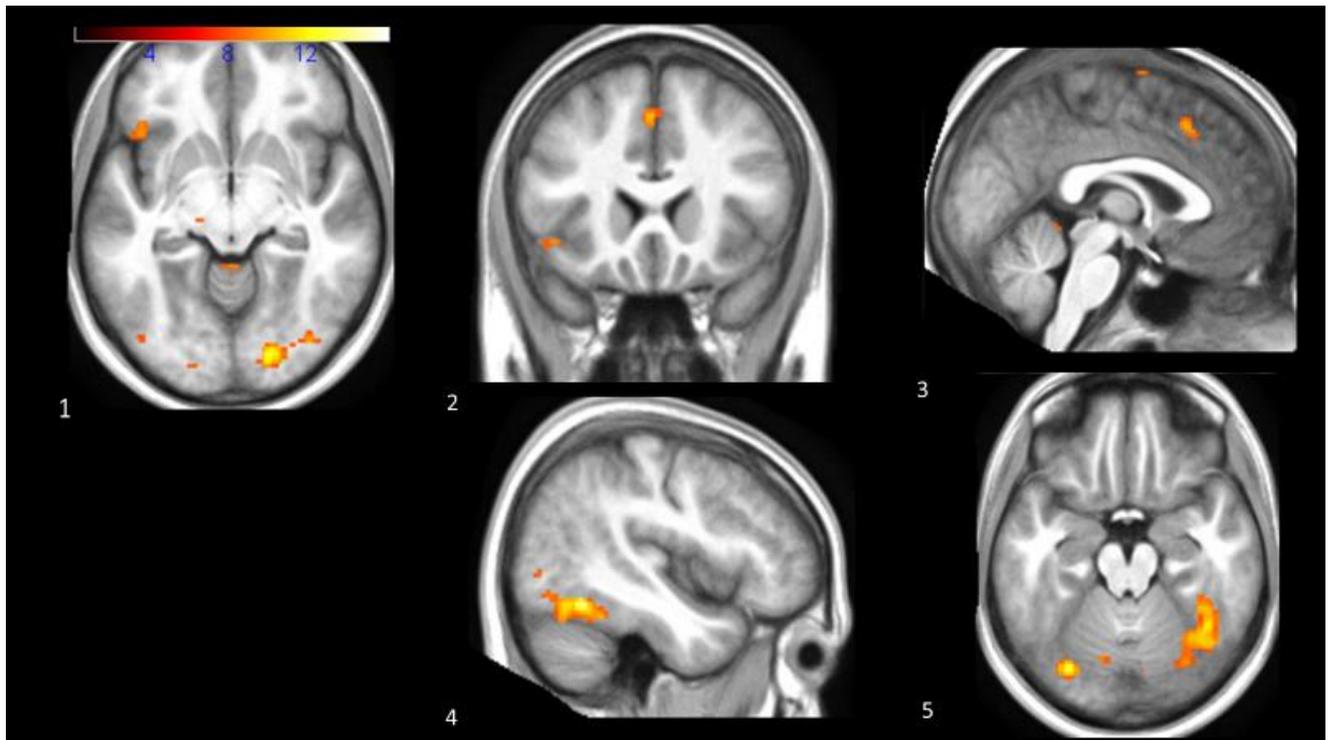


Figura 7. Contraste entre las activaciones de **Asco vs. condición de Reposo Fijación** mediante análisis P corregido (FWE<0,05). 1) Corte Axial: giro frontal inferior izquierdo (izquierda arriba) e ínsula anterior izquierda (rango de 4mm); 2) Corte Coronal: Ínsula izquierda (izquierda abajo) y giro frontal medial izquierdo (arriba al centro); 3) Corte Sagital: giro frontal medial izquierdo; 4) Corte Sagital: giro fusiforme derecho y 5) Corte Axial: giro fusiforme

4.1.3. Ira vs. Reposo Fijación.

En el análisis de p corregido ($FWE < 0.05$) se observaron 4 clústeres con 7 picos de activación que superaron el umbral establecido. Las regiones que registraron la respuesta hemodinámica diferencial fueron: **giro occipital inferior bilateral, giro fusiforme derecho, giro lingual y cerebelo derecho.** No se observaron activaciones en los giros frontales.

Tabla 4. Ira > Fijación. P corregido ($FWE = 0,05$)

Cluster		Pico			Coordenadas			Etiquetas			
$p(FWE-corr)$	K	$p(FWE-corr)$	T	Z	x	y	z	$H (*)$	BA	Área Cerebral	mm
0,00	167	0,00	12,21	6,03	38	-76	-8	D	19	Giro Occipital Inferior	0
		0,00	10,33	5,64	44	-66	-18	D	*	Cerebelo	1
		0,02	8,37	5,12	44	-76	2	D	19	Giro Occipital Medio	0
0,00	79	0,00	11,11	5,81	40	-48	-16	D	37	Giro Fusiforme	0
0,00	69	0,01	9,43	5,41	-46	-74	-10	I	19	Giro Occipital Inferior	0
0,00	29	0,01	9,08	5,32	22	-86	-8	D	18	Giro Occipital Inferior	1
		0,03	8,04	5,02	16	-92	-4	D	17	Giro Lingual	2

k = tamaño del clúster; $p(FWE-corr)$ = p corregido; BA= Área de Brodmann; T = Prueba T ; mm= Rango en milímetros
 $H (*)$ = Hemisferio, I = Hemisferio Izquierdo, D= Hemisferios Derecho.

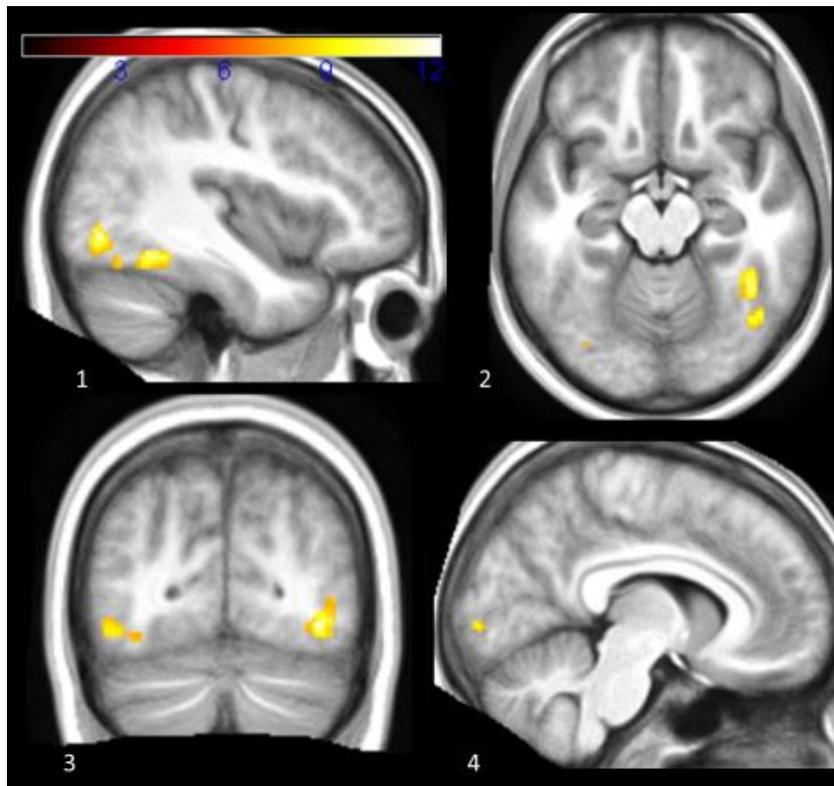


Figura 8. Contraste entre las activaciones de Ira vs. condición de Reposo Fijación mediante análisis P corregido ($FWE < 0,05$). 1) Corte Sagital: giro fusiforme derecho 2) Corte Axial: giro fusiforme derecho; 3) Corte Coronal: giros occipitales bilaterales; 4) Corte Sagital: giro lingual derecho.

4.1.4. Miedo vs. Reposo Fijación.

En el análisis de p corregido ($FWE < 0.05$) se observaron 12 clústeres con 18 picos de activación que superaron el umbral establecido. Las regiones que registraron la respuesta hemodinámica diferencial fueron: **giro frontal medial izquierdo, giro frontal inferior y medio derecho, giro frontal superior izquierdo, ínsula derecha, giro fusiforme bilateral, giro parietal superior bilateral, giro parietal inferior derecho y cerebelo bilateral.**

Tabla 5. Miedo > Fijación. P corregido ($FWE = 0,05$).

Cluster		Pico			Coordenadas			Etiquetas			
$p(FWE-corr)$	K	$p(FWE-corr)$	T	Z	x	y	z	$H (*)$	BA	Área Cerebral	mm
0,00	444	0,00	17,48	6,85	-6	20	48	I	8	Giro Frontal Medial	1
0,00	708	0,00	16,48	6,72	34	-46	-22	D	*	Cerebelo	0
		0,00	14,67	6,46	46	-74	-10	D	19	Giro Fusiforme	1
		0,00	14,51	6,43	40	-52	-18	D	37	Giro Fusiforme	0
		0,00	14,51	6,43	38	-36	-18	D	36	Giro Parahicampal	0
0,00	328	0,00	15,73	6,61	42	22	20	D	46	Giro Frontal Medio	4
		0,00	9,68	5,48	50	26	16	D	46	Giro Frontal Inferior	2
0,00	35	0,00	13,73	6,31	48	6	52	D	6	Giro Frontal Medio	0
0,00	171	0,00	11,60	5,91	-32	-56	46	I	7	Giro Parietal Superior	1
0,00	106	0,00	11,35	5,86	34	-46	48	D	7	Giro Parietal Superior	1
0,00	60	0,00	11,23	5,84	36	-62	42	D	39	Giro Parietal Inferior	0
0,00	56	0,00	10,46	5,67	-10	-76	-26	I	*	Cerebelo	0
0,00	50	0,01	9,24	5,36	-34	-76	-12	I	19	Giro Fusiforme	2
0,00	74	0,01	9,09	5,32	46	20	-4	D	47	Giro Frontal Inferior	2
					38	22	-2	D		Ínsula	0
		0,02	8,41	5,13	36	26	-2	D	47	Giro Frontal Inferior	2
0,00	26	0,01	9,03	5,31	-40	-64	-26	I	*	Tuberculo	0
0,00	71	0,02	8,60	5,19	-44	14	28	I	9	Giro Frontal Medio	1

k = tamaño del clúster; $p(FWE-corr)$ = p corregido; BA = Área de Brodmann; T = Prueba T ; mm = Rango en milímetros

$H (*)$ = Hemisferio, I = Hemisferio Izquierdo, D = Hemisferios Derecho.

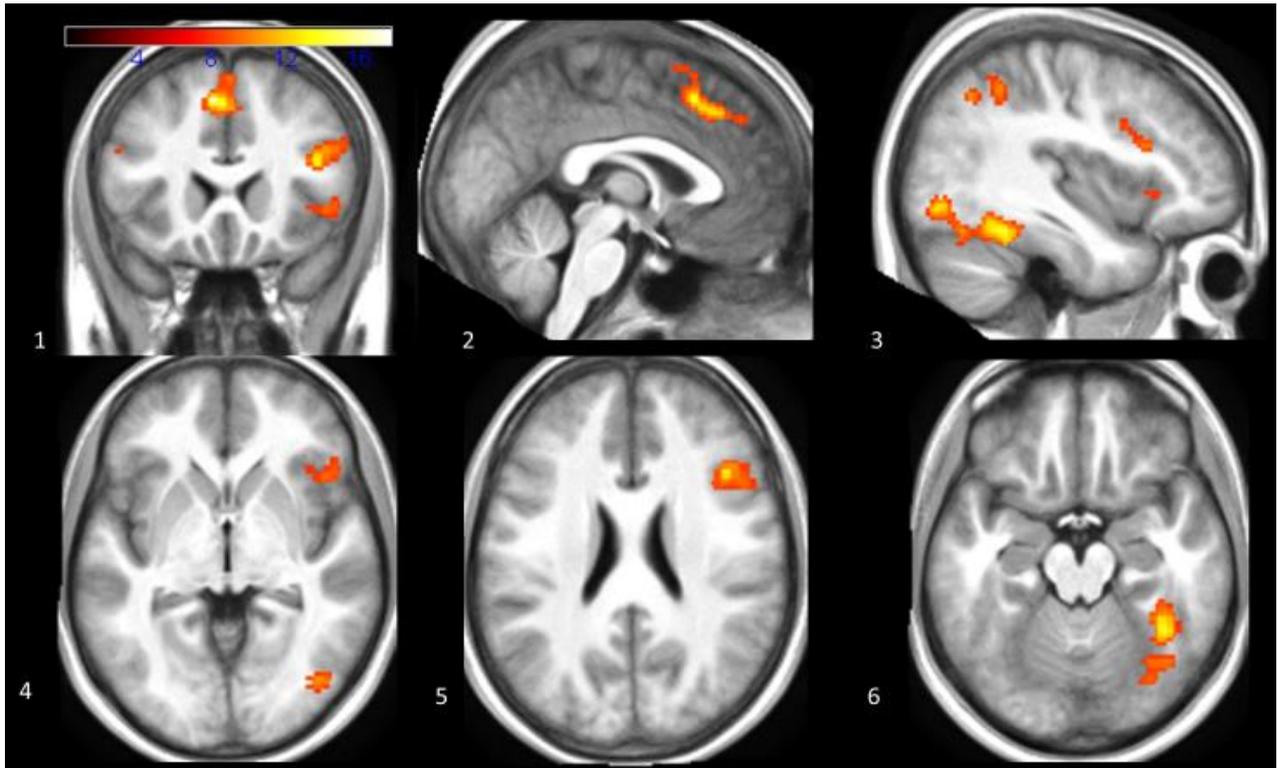


Figura 9. Contraste entre las activaciones de **Miedo vs. condición de Reposo Fijación** mediante análisis P corregido ($FWE < 0,05$). 1) Corte Coronal: giro frontal medial izquierdo (izquierda), giro frontal inferior derecho (derecha arriba) e ínsula derecha (derecha abajo); 2) Corte Sagital: giro frontal medial izquierdo; 3) Corte Sagital: giro parahipocampal y fusiforme derecho; 4) Corte Axial: insula anterior derecha. 5) Corte Axial: giro frontal medio derecho y 6) Corte Axial: giro parahipocampal y fusiforme derecho.

4.1.5. Sorpresa vs. Reposo Fijación.

En el análisis de p corregido ($FWE < 0.05$) se observaron 17 clústeres con 19 picos de activación que superaron el umbral establecido. Las regiones que registraron la respuesta hemodinámica diferencial fueron: **giro occipital inferior bilateral, cuneo izquierdo, giro fusiforme bilateral, giro temporal superior bilateral, giro parietal inferior bilateral, giro parietal superior izquierdo, giro lingual izquierdo, giro precentral derecho, ínsula izquierda, giro frontal inferior y medio izquierdo, giro frontal superior bilateral y cerebelo izquierdo.**

Tabla 6. Sorpresa > Fijación. P corregido ($FWE = 0,05$).

Cluster		Pico			Coordenadas			Etiquetas			
$p(FWE-corr)$	K	$p(FWE-corr)$	T	Z	x	y	z	$H (*)$	BA	Área Cerebral	mm
0,00	1074	0,00	13,28	6,23	38	-74	-8	D	19	Giro Occipital Inferior	2
		0,00	12,20	6,03	44	-54	-16	D	37	Giro Fusiforme	1
0,00	159	0,00	12,23	6,04	36	-50	50	D	40	Giro Parietal Inferior	1
0,00	117	0,00	11,98	5,99	-18	-92	-6	I	17	Giro Occipital Inferior	1
		0,00	9,76	5,50	-6	-94	-10	I	18	Giro Lingual	1
0,00	51	0,00	11,86	5,97	-42	-46	48	I	40	Giro Parietal Inferior	1
0,00	216	0,00	11,40	5,87	-36	-54	52	I	7	Giro Parietal Superior	0
0,00	161	0,00	11,04	5,80	-30	-78	-20	I	*	Cerebelo	0
0,00	36	0,00	10,98	5,78	64	-10	26	D	4	Giro Precentral	0
0,00	73	0,00	10,22	5,61	-50	26	-2	I	47	Giro Occipital Inferior	0
0,00	89	0,00	10,15	5,59	2	8	66	D	6	Giro Frontal Superior	3
		0,00	10,01	5,56	-36	-52	-14	I	37	Giro Fusiforme	0
0,00	21	0,00	9,89	5,53	-50	32	14	I	46	Giro Frontal Medial	0
0,00	69	0,00	9,87	5,53	-46	16	24	I	9	Giro Frontal Inferior	0
0,00	40	0,00	9,50	5,43	-58	-46	16	I	22	Giro Temporal Superior	3
0,00	38	0,01	9,36	5,40	-2	-96	8	I	18	Cuneo	0
0,00	31	0,01	9,26	5,37	54	-54	12	D	39	Giro Temporal Superior	0
0,00	88	0,01	8,95	5,28	-2	-64	-12	I	*	Cerebelo	0
0,00	60	0,01	8,82	5,25	0	34	44	I	8	Giro Frontal Superior	1

k = tamaño del clúster; $p(FWE-corr)$ = p corregido; BA = Área de Brodmann; T = Prueba T ; mm = Rango en milímetros

$H (*)$ = Hemisferio, I = Hemisferio Izquierdo, D = Hemisferios Derecho.

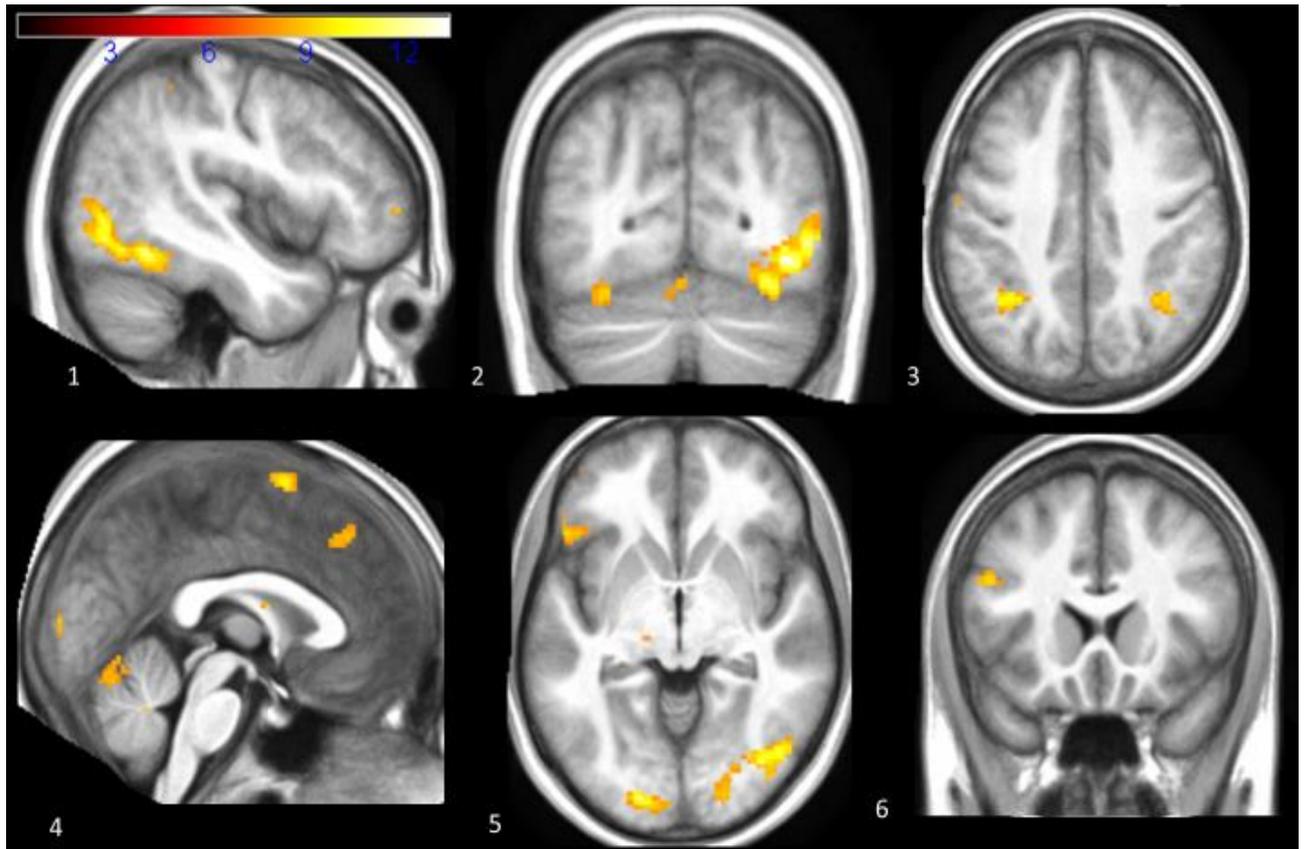


Figura 10. Contraste entre las activaciones de **Sorpresa vs. condición de Reposo Fijación** mediante análisis P corregido ($FWE < 0,05$). 1) Corte Sagital: giro fusiforme y giro occipital inferior derecho; 2) Corte Coronal: giro occipital inferior derecho; 3) Corte Axial: giro parietal inferior bilateral 4) Corte Sagital: cerebelo izquierdo (abajo izquierda), giro frontal superior izquierdo (centro) y giro frontal medial izquierdo (derecha) .5) Corte Axial: ínsula izquierda y giro frontal inferior izquierdo (arriba izquierda) y giros occipitales bilaterales y fusiforme derecho (abajo).

4.1.6. Tristeza vs. Reposo Fijación.

En el análisis de p corregido ($FWE < 0.05$) se observaron 7 clústeres con 9 picos de activación que superaron el umbral establecido. Las regiones que registraron la respuesta hemodinámica diferencial fueron: **giro occipital inferior derecho, giro fusiforme bilateral, giro temporal superior derecho, tálamo bilateral, núcleo caudado izquierdo, giro frontal inferior derecho y superior izquierdo.**

Tabla 7. Tristeza > Fijación. P corregido (FWE=0,05).

Cluster		Pico			Coordenadas			Etiquetas			
<i>p</i> (FWE-corr)	<i>K</i>	<i>p</i> (FWE-corr)	<i>T</i>	<i>Z</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	<i>H</i> (*)	<i>BA</i>	Área Cerebral	<i>mm</i>
0,00	565	0,00	14,65	6,45	40	-56	-14	D	37	Giro Fusiforme	1
		0,00	12,92	6,17	38	-78	-6	D	19	Giro Occipital Inferior	0
0,00	106	0,00	13,49	6,27	54	28	10	D	46	Giro Frontal Inferior	0
0,00	39	0,00	11,69	5,93	48	-44	8	D	22	Giro Temporal Superior	4
0,00	57	0,00	11,34	5,86	-10	4	14	I	CC	Nucleo Caudado	0
0,00	90	0,00	10,23	5,61	6	-12	12	D	NDm	Tálamo	0
0,00		0,01	9,04	5,31	0	-22	12	I	*	Tálamo	3
0,00	32	0,00	9,74	5,49	-38	-62	-12	I	37	Giro Fusiforme	1
0,00	39	0,01	9,20	5,35	-4	16	48	I	8	Giro Frontal Superior	0

k= tamaño del clúster; *p*(FWE-corr)= *p* corregido; *BA*= Área de Brodmann; *T*= Prueba *T*; *mm*= Rango en milímetros

H (*)= Hemisferio, *I* = Hemisferio Izquierdo, *D*= Hemisferios Derecho. *CC*=Cabeza de Caudado; *NDm*=nucleo dorsomedial

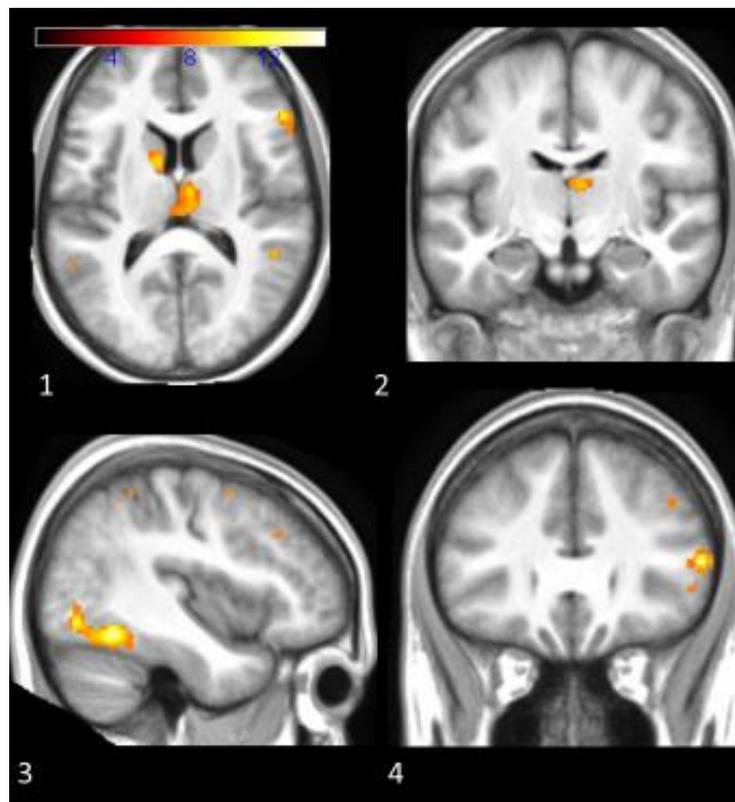


Figura 11. Contraste entre las activaciones de **Tristeza vs. condición de Reposo Fijación** mediante análisis P corregido (FWE<0,05). 1) Corte Axial: caudado izquierdo y tálamo derecho; 2) Corte Coronal: tálamo derecho 3) Corte Sagital: giro fusiforme derecho y 4) Corte Coronal: giro frontal inferior derecho.

4.1.7. Neutro vs. Reposo Fijación.

En el análisis de p corregido ($FWE < 0.05$) se observaron 7 clústeres con 10 picos de activación que superaron el umbral establecido. Las regiones que registraron la respuesta hemodinámica diferencial fueron: **giro fusiforme derecho, giro occipital inferior derecho, giro lingual derecho, giro temporal medio y superior derecho, giro pre y post-central izquierdo y cerebelo bilateral.**

Tabla 8. Neutro > Fijación. P corregido ($FWE=0,05$).

Cluster		Pico			Coordenadas			Etiquetas			
$p(FWE-corr)$	K	$p(FWE-corr)$	T	Z	x	y	z	$H (*)$	BA	Área Cerebral	mm
0,00	169	0,00	18,05	6,92	40	-54	-14	D	37	Giro Fusiforme	1
0,00	90	0,00	11,22	5,83	50	-46	8	D	22	Giro Temporal Superior	2
0,00	133	0,01	9,37	5,40	50	-58	8	D	29	Giro Temporal Medio	2
0,00	59	0,00	9,93	5,54	-56	-8	34	I	6	Giro Precentral	3
		0,01	9,27	5,37	-52	-16	44	I	1	Giro Postcentral	0
0,00	89	0,00	9,66	5,47	18	-92	-4	D	17	Giro Lingual	2
0,00	49	0,00	9,59	5,46	-8	-74	-20	I	*	Cerebelo	0
0,00	22	0,01	8,89	5,27	2	-72	-16	D	*	Cerebelo	0
		0,00	9,52	5,44	42	-74	-8	D	19	Giro Occipital Inferior	2
		0,01	9,28	5,37	-58	-14	12	I	42	Giro Temporal Superior	0

k = tamaño del clúster; $p(FWE-corr)$ = p corregido; BA = Área de Brodmann; T = Prueba T ; mm = Rango en milímetros
 $H (*)$ = Hemisferio, I = Hemisferio Izquierdo, D = Hemisferios Derecho.

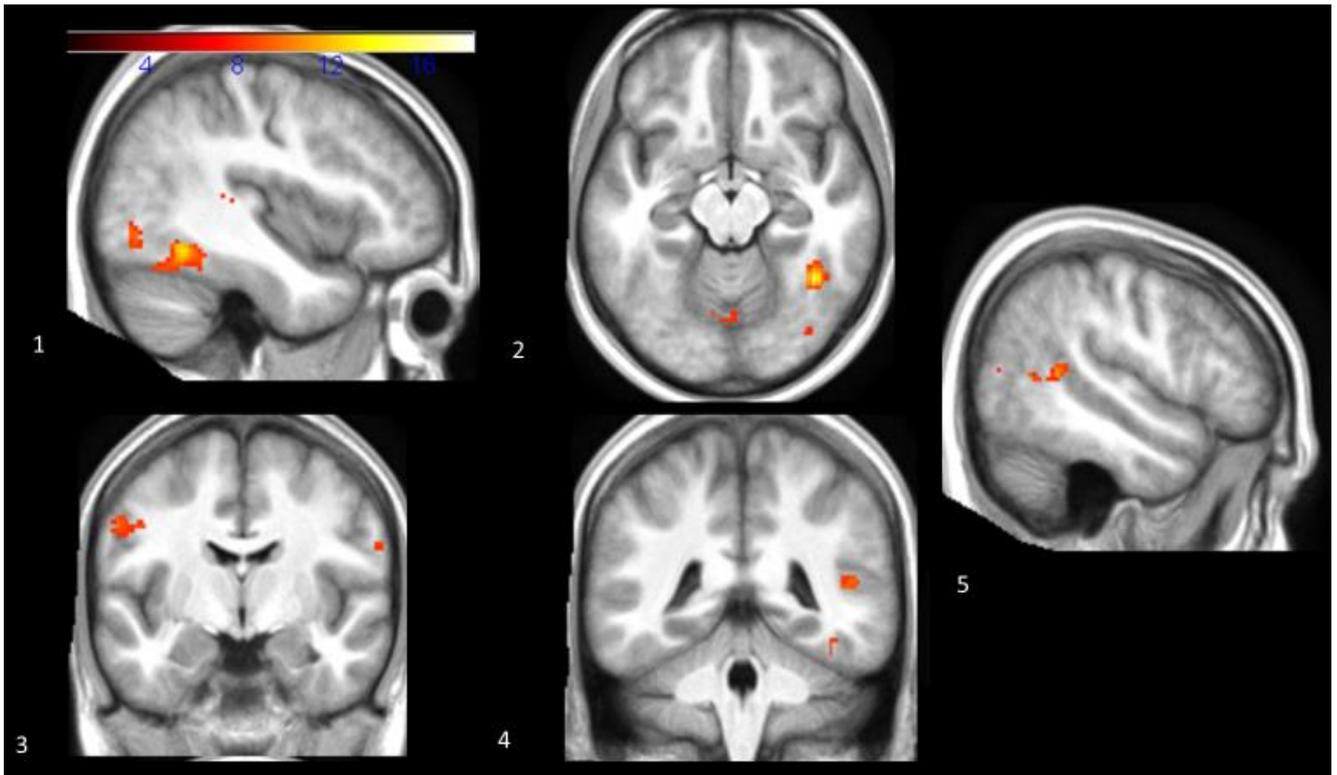


Figura 12. Contraste entre las activaciones de **Neutro vs. condición de Reposo Fijación** mediante análisis P corregido ($FWE < 0,05$). 1) Corte Sagital: giro fusiforme y giro occipital inferior derecho; 2) Corte Axial: giro fusiforme derecho; 3) Corte Coronal: giro pre-central izquierdo 4) Corte Coronal: giro temporal superior derecho. 5) Corte Sagital: giro temporal medio y superior derecho.

4.2. Reconocimiento de Emociones Faciales vs. Condición de Rostro Neutro

4.2.1. Alegría vs. Rostro Neutro.

En el análisis de p no-correctado ($p < 0.001$) se observaron 14 clústeres con 14 picos de activación que superaron el umbral establecido.

Las regiones que registraron respuesta hemodinámica diferencial fueron: **giro frontal medio y superior bilateral, giro frontal medial derecho, giro temporal superior derecho, giro parahipocampal derecho, giro temporal medio derecho, núcleo caudado bilateral, giro occipital inferior derecho, cuneo derecho, giro lingual izquierdo y cerebelo izquierdo.**

Tabla 9. Alegría > Neutro. P no-correctado ($P_{unc} p < 0.001$)

Cluster		Pico			Coordenadas			Etiquetas			
$P(unc)$	K	$P(unc)$	T	Z	x	y	z	$H (*)$	BA	Área Cerebral	mm
0,00	90	0,00	5,92	4,24	32	48	-2	D	10	Giro Frontal Medio	2
0,02	47	0,00	5,84	4,21	38	14	-34	D	38	Giro temporal Superior	1
0,01	57	0,00	5,32	3,98	4	60	-10	D	11	Giro Frontal Medial	2
0,13	18	0,00	4,90	3,77	16	-96	8	D	18	Cuneo	1
0,19	13	0,00	4,86	3,75	34	-20	-22	D	36	Giro Parahipocampal	2
0,19	13	0,00	4,59	3,61	58	-14	-12	D	21	Giro Temporal Medio	2
0,23	11	0,00	4,56	3,60	-30	50	-8	I	10	Giro Frontal Medio	2
0,06	28	0,00	4,45	3,54	-22	54	-2	I	10	Giro Frontal Superior	1
0,23	11	0,00	4,37	3,49	-12	10	2	I		Nucleo Caudado	0
0,30	8	0,00	4,37	3,49	30	-88	-8	D	18	Giro Occipital Inferior	2
0,37	6	0,00	4,24	3,42	44	20	42	D	8	Giro Frontal Medio	1
0,18	14	0,00	4,15	3,37	10	50	44	D	8	Giro Frontal Superior	2
0,16	15	0,00	4,04	3,30	-18	-98	-2	I	18	Giro Lingual	1
0,37	6	0,00	4,03	3,30	10	18	8	D		Nucleo Caudado	0

k = tamaño del clúster; $p(unc)$ = p no correctado; BA = Área de Brodmann; T = Prueba T ; mm = Rango en milímetros
 $H (*)$ = Hemisferio, I = Hemisferio Izquierdo, D = Hemisferios Derecho.

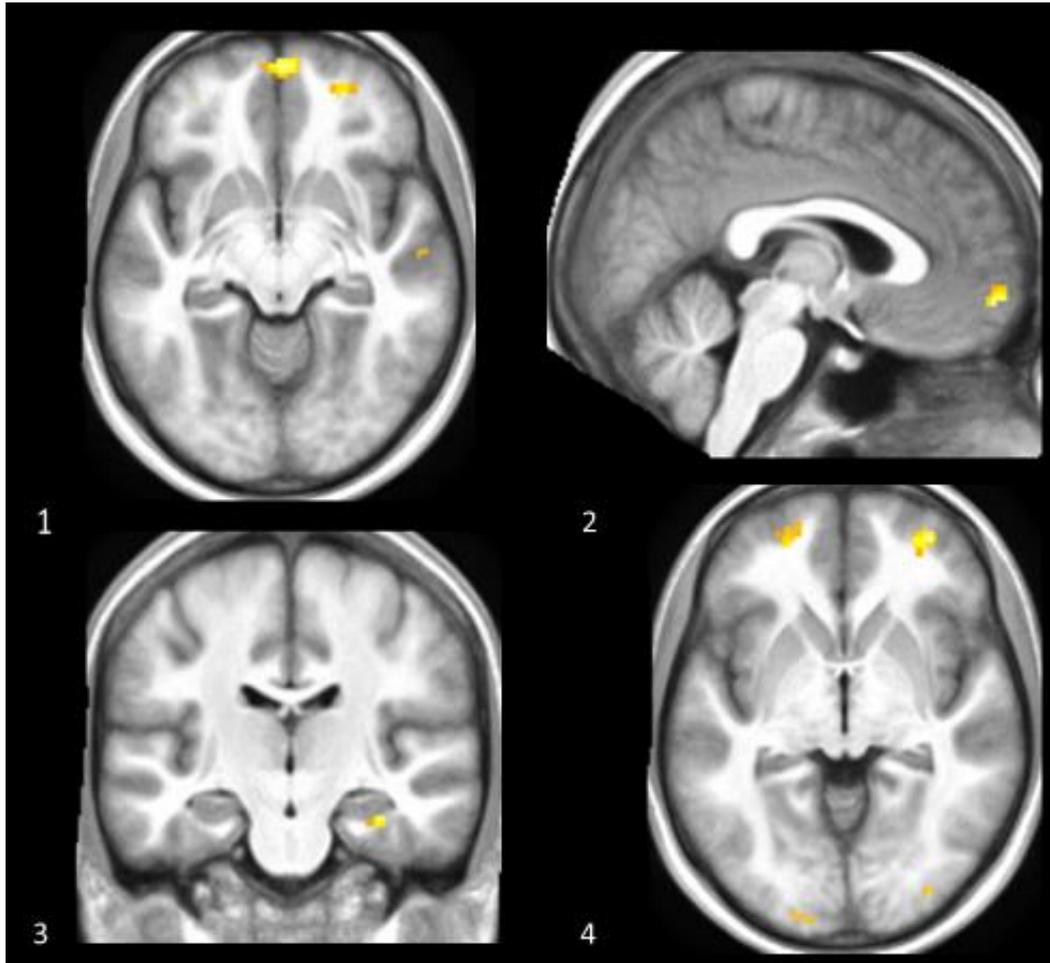


Figura 13. Contraste entre las activaciones de **Alegría vs. condición de Reposo Rostro Neutro** mediante análisis P no corregido ($p_{unc} < 0.001$). 1) Corte Axial: giro frontal medial derecho; 2) Corte Sagital: giro frontal medial derecho; 3) Corte Coronal: giro parahipocampal derecho y 4) Corte Axial: giro frontal medio bilateral.

4.2.2. Asco vs. Rostro Neutro.

En el análisis de p no-correctado ($p < 0.001$) se observaron 6 clústeres con 9 picos de activación que superaron el umbral establecido.

Las regiones que registraron respuesta hemodinámica diferencial fueron: **giro temporal superior izquierdo, giro cingulado izquierdo, giro pre-central izquierdo, giro frontal inferior bilateral, ínsula izquierda, núcleo caudado izquierdo, núcleo lentiforme izquierdo y giro supramarginal izquierdo.**

Tabla 10. Asco > Neutro. P no-correctado (P_{unc} $p < 0.001$)

Cluster		Pico			Coordenadas			Etiquetas			
$P(unc)$	K	$P(unc)$	T	Z	x	y	z	$H (*)$	BA	Área Cerebral	mm
0,01	69	0,00	5,53	4,08	-30	-52	32	I	39	Giro Temporal Superior	2
0,00		0,00	4,71	3,68	-20	-54	30	I	31	Giro Cingulado	2
0,08	31	0,00	5,15	3,90	-48	10	6	I	44	Giro Precentral	1
0,00		0,00	4,85	3,75	-46	2	10	I	44	Ínsula	1
0,28	11	0,00	5,11	3,88	50	30	-4	D	47	Giro Frontal Inferior	2
0,09	29	0,00	5,04	3,84	-12	10	0	I	-	Núcleo Caudado	1
0,00		0,00	4,02	3,30	-16	4	-4	I	-	Núcleo Lentiforme	2
0,26	12	0,00	4,55	3,59	-56	-50	22	I	40	Giro Supramarginal	1
0,43	6	0,00	4,02	3,29	-52	14	2	I	45	Giro Frontal Inferior	2

k = tamaño del clúster; $p(unc)$ = p no correctado; BA = Área de Brodmann; T = Prueba T ; mm = Rango en milímetros
 $H (*)$ = Hemisferio, I = Hemisferio Izquierdo, D = Hemisferios Derecho.

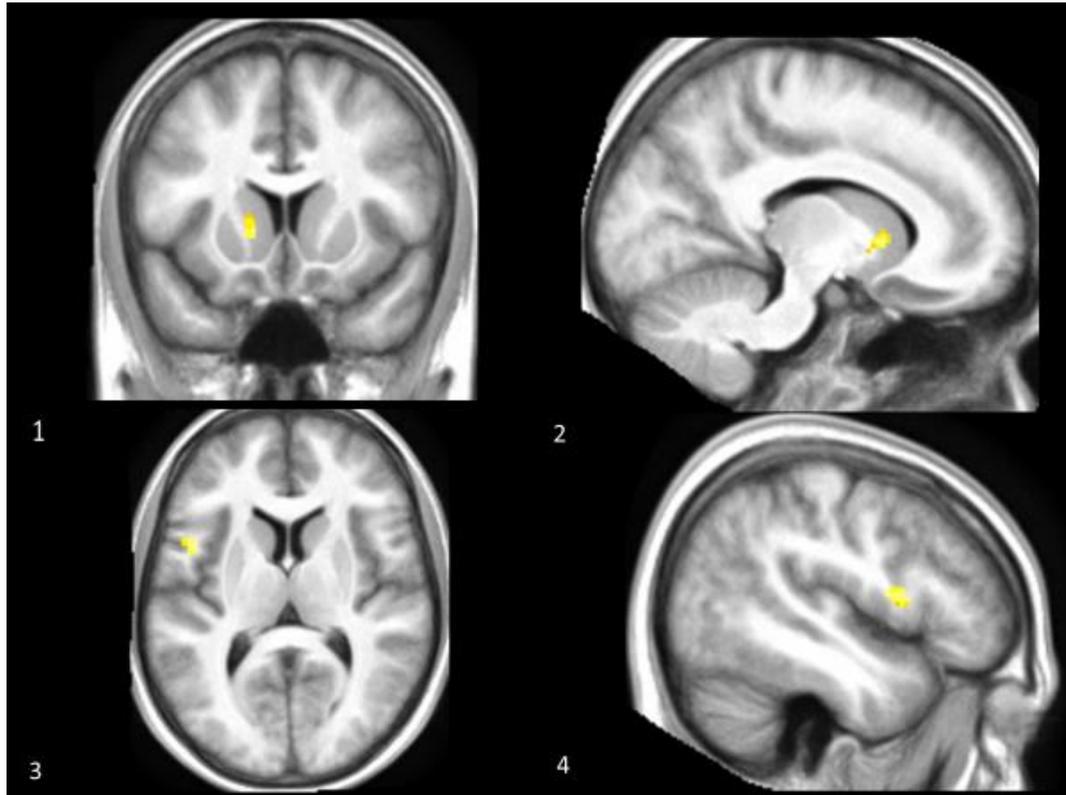


Figura 14. Contraste entre las activaciones de **Asco vs. condición de Reposo Rostro Neutro** mediante análisis P no corregido ($p_{unc} < 0.001$). 1) Corte Coronal: núcleo caudado izquierdo; 2) Corte Sagital: núcleo caudado izquierdo 3) Corte Axial: giro pre-central izquierdo y 4) Corte Sagital: Ínsula izquierda.

4.2.3. Ira vs. Rostro Neutro.

En el análisis de p no-corregido ($p < 0.001$) se observaron 6 clústeres con 9 picos de activación que superaron el umbral establecido.

Las regiones que registraron respuesta hemodinámica diferencial fueron: **núcleo lentiforme bilateral, núcleo caudado derecho, giro temporal superior derecho y giro frontal medio derecho.**

Tabla 11. Ira > Neutro. P no-corregido (P unc $p < 0.001$)

Cluster		Pico			Coordenadas			Etiquetas			
$P(unc)$	K	$P(unc)$	T	Z	x	y	z	$H (*)$	BA	Área Cerebral	mm
0,00	6	0,00	5,13	4,08	-14	4	-4	D	GP	Nucleo Lentiforme	0
0,00	8	0,00	4,75	3,68	-42	-44	16	I	13	Giro Temporal Superior	2
0,00	7	0,00	4,75	3,90	-32	36	36	D	9	Giro Frontal Medio	1
0,00	7	0,00	4,36	3,75	14	16	2	D	CC	Nucleo Caudado	0
0,00	6	0,00	4,24	3,88	-20	20	0	I	Put	Nucleo Lentiforme	1

k = tamaño del clúster; $p(unc)$ = p no corregido; BA = Área de Brodmann; T = Prueba T ; mm = Rango en milímetros
 $H (*)$ = Hemisferio, I = Hemisferio Izquierdo, D = Hemisferios Derecho. GP =Globo Palido. CC =Cabeza de Caudado.
 Put =Putamen

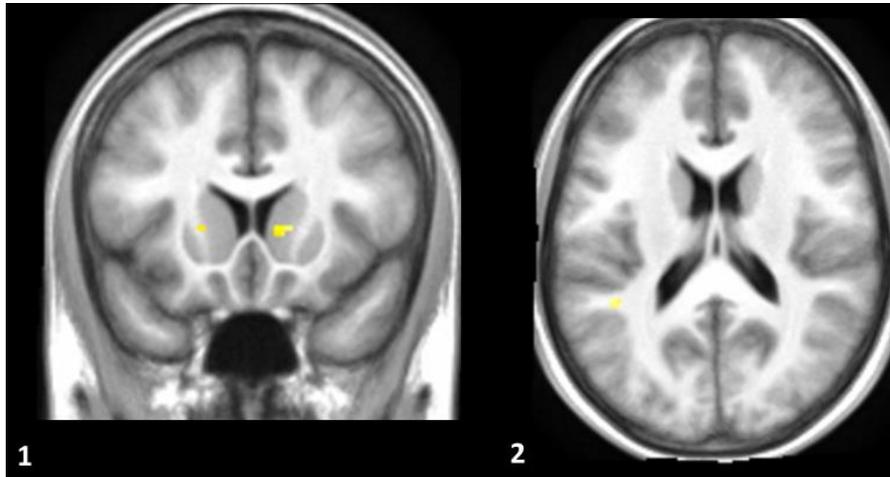


Figura 15. Contraste entre las activaciones de **Ira vs. condición de Reposo Rostro Neutro** mediante análisis P no corregido (p unc $p < 0.001$). 1) Corte Coronal: núcleo caudado derecho y núcleo lentiforme izquierdo; 2) Corte Axial: Giro temporal superior izquierdo.

4.2.4. Miedo vs. Rostro Neutro.

En el análisis de p no-correctado ($p < 0.001$) se observaron 12 clústeres con 15 picos de activación que superaron el umbral establecido.

Las regiones que registraron respuesta hemodinámica diferencial fueron: **giro frontal inferior y superior bilateral, giro frontal medio izquierdo, precuneo izquierdo, giro parietal superior izquierdo, cerebelo derecho, núcleo caudado y claustro izquierdo**

Tabla 12. Miedo > Neutro. P no-correctado (P unc $p < 0.001$).

Cluster		Pico			Coordenadas			Etiquetas			
<i>P(unc)</i>	<i>K</i>	<i>P(unc)</i>	<i>T</i>	<i>Z</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	<i>H (*)</i>	<i>BA</i>	<i>Área Cerebral</i>	<i>mm</i>
0,00	462	0,00	7,98	5,00	46	24	14	D	45	Giro Frontal Inferior	4
					39	20	-6	D		Insula	0
0,00	43	0,00	5,49	4,06	-14	12	2	I	CC	Nucleo Caudado	1
0,00	33	0,00	5,12	3,88	-52	14	2	I	45	Giro Frontal Inferior	2
0,00	16	0,00	5,08	3,86	-26	-62	32	I	7	Precuneo	3
0,00	14	0,00	4,78	3,71	-14	18	60	I	6	Giro Frontal Superior	1
0,00	25	0,00	4,77	3,71	-28	24	2	I	*	Claustro	1
					-28	25	1	I		Insula	0
0,00	40	0,00	4,65	3,65	12	-74	-24	D	*	Cerebelo	0
0,00	41	0,00	4,63	3,64	-48	28	14	I	46	Giro Frontal Inferior	0
0,00	75	0,00	4,62	3,63	-42	14	32	I	9	Giro Frontal Medio	1
0,00	55	0,00	4,59	3,61	-32	-60	46	I	7	Giro Parietal Superior	0
0,00	50	0,00	4,44	3,53	2	20	58	D	6	Giro Parietal Superior	1
0,00		0,00	4,10	3,34	-4	18	50	I	8	Giro Frontal Superior	0
0,00	11	0,00	4,21	3,40	-46	2	38	I	6	Giro Frontal Medio	0

k= tamaño del clúster; *p(unc)*= *p* no correctado; *BA*= Área de Brodmann; *T*= Prueba T; *mm*= Rango en milímetros
H ()*= Hemisferio, *I* = Hemisferio Izquierdo, *D*= Hemisferios Derecho. *CC*=Cabeza de Caudado

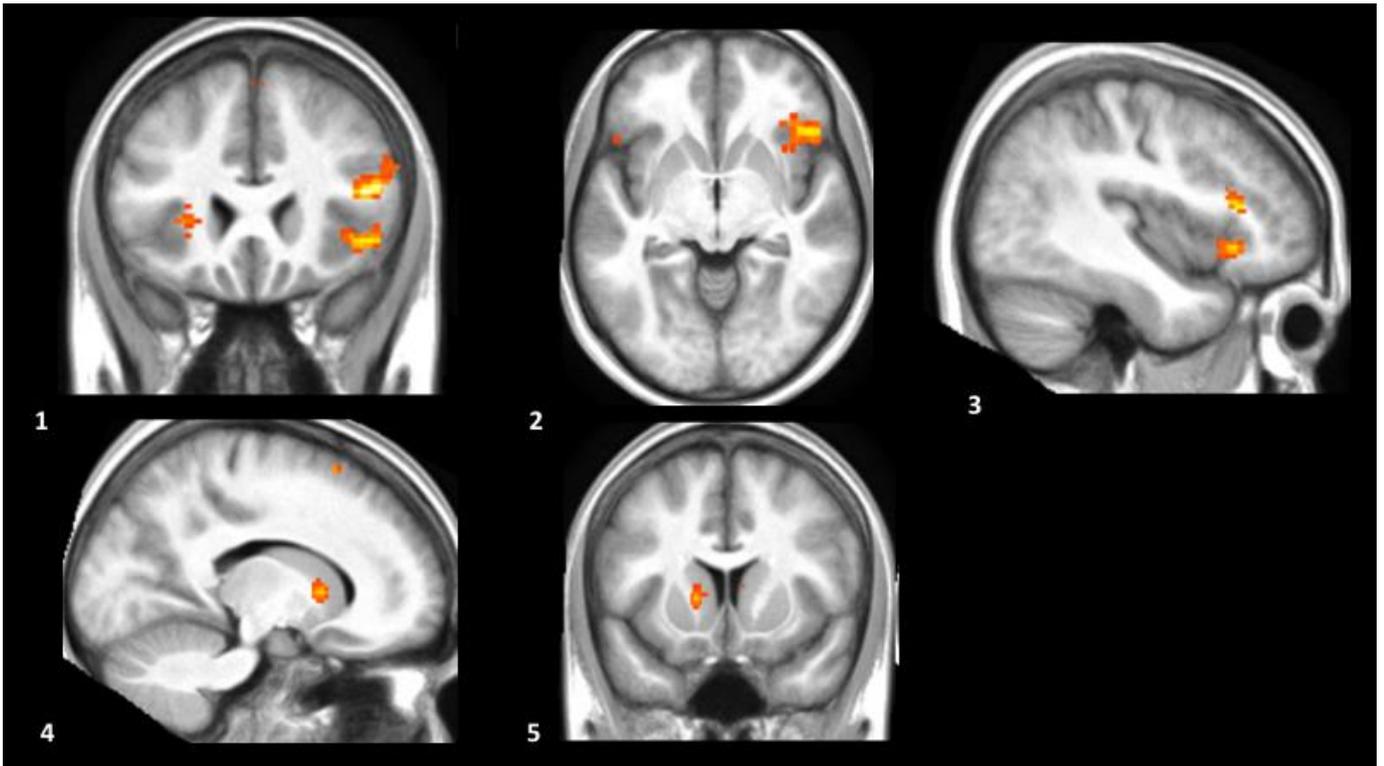


Figura 16. Contraste entre las activaciones de **Miedo vs. condición de Reposo Rostro Neutro** mediante análisis P no corregido ($p_{unc} < 0.001$). 1) Corte Coronal: giro frontal inferior derecho (derecha arriba) e ínsula bilateral; 2) Corte Axial: ínsula anterior derecha; 3) Corte Sagital: ínsula anterior derecha; 4) Corte Sagital: núcleo caudado izquierdo y 5) Corte Coronal: núcleo caudado izquierdo.

4.2.5. Sorpresa vs. Rostro Neutro.

En el análisis de p no-correctado ($p < 0.001$) se observaron 14 clústeres con 16 picos de activación que superaron el umbral establecido.

Las regiones que registraron respuesta hemodinámica diferencial fueron: **tálamo bilateral, giro temporal medio bilateral, giro temporal superior izquierdo, giro fusiforme izquierdo, giro lingual derecho, giro parietal inferior derecho, cíngulo posterior derecho, giro frontal superior izquierdo, giro pre-central izquierdo, núcleo caudado y cerebelo derecho.**

Tabla 13. Sorpresa > Neutro. P no-correctado (P unc $p < 0.001$).

Cluster		Pico			Coordenadas			Etiquetas			
$P(unc)$	K	$P(unc)$	T	Z	x	y	z	$H (*)$	BA	Área Cerebral	mm
0,00	134	0,00	8,64	5,20	-4	-8	6	I	*	Tálamo	0
0,00		0,00	4,06	3,32	8	-8	14	D	*	Tálamo	0
0,00	383	0,00	8,14	5,05	-56	-48	18	I	22	Giro Temporal Medio	3
0,00		0,00	4,88	3,76	-56	-60	16	I	22	Giro Temporal Superior	1
0,00	9	0,00	5,26	3,95	-40	0	52	I	6	Giro Frontal Medio	0
0,00	18	0,00	5,17	3,91	66	-38	26	D	40	Giro Parietal Inferior	0
0,00	10	0,00	5,07	3,86	8	-36	22	D	23	Cingulo Posterior	1
0,00	64	0,00	5,01	3,83	-36	-44	-16	I	37	Giro Fusiforme	2
0,00	41	0,00	4,95	3,80	-56	10	6	I	44	Giro Precentral	0
0,00	7	0,00	4,90	3,78	16	-82	-8	D	18	Giro Lingual	0
0,00	33	0,00	4,51	3,57	-18	-88	-18	I	*	Cerebelo	0
0,00	11	0,00	4,48	3,56	-50	12	36	I	9	Giro Frontal Medio	1
0,00	11	0,00	4,47	3,55	-52	28	16	I	46	Giro Frontal Inferior	1
0,00	12	0,00	4,39	3,50	52	-32	-2	D	21	Giro Temporal Medio	2
0,00	11	0,00	4,21	3,41	-12	10	0	I	*	Nucleo Caudado	0
0,00	7	0,00	4,06	3,32	-8	50	44	I	8	Giro Frontal Superior	2

k = tamaño del clúster; $p(unc)$ = p no correctado; BA = Área de Brodmann; T = Prueba T ; mm = Rango en milímetros
 $H (*)$ = Hemisferio, I = Hemisferio Izquierdo, D = Hemisferios Derecho.

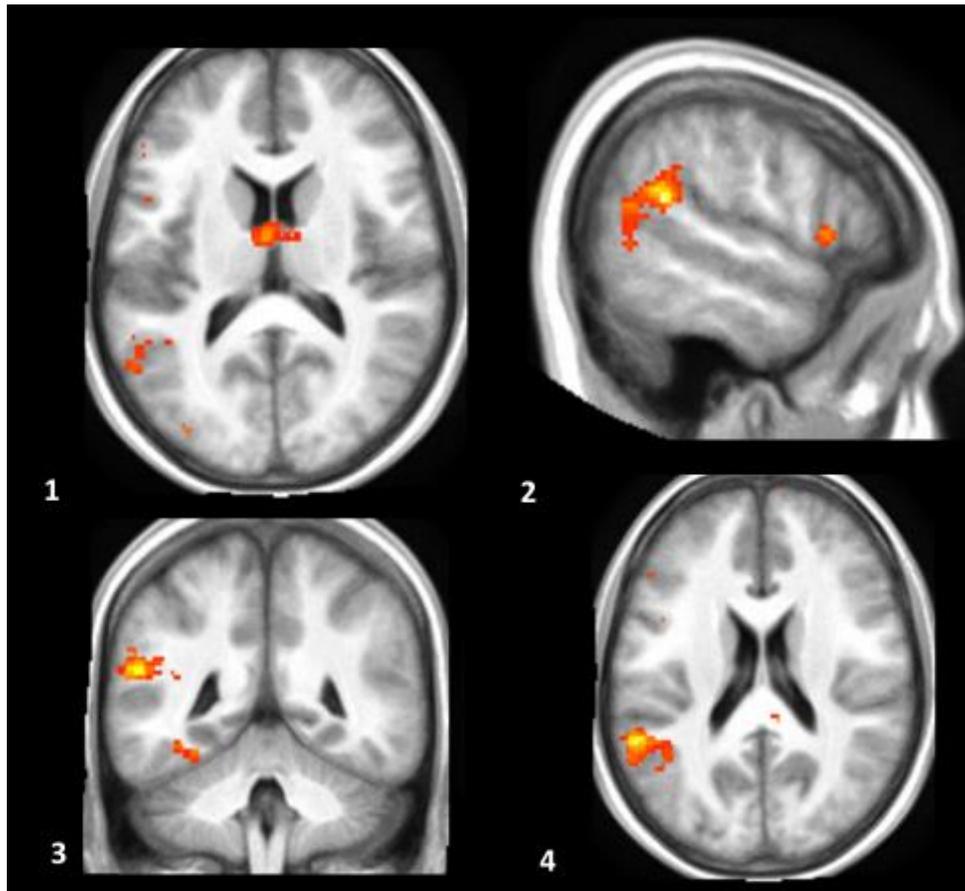


Figura 17. Contraste entre las activaciones de **Sorpresa vs. condición de Reposo Rostro Neutro** mediante análisis P no corregido ($p_{unc} < 0.001$). 1) Corte Axial: tálamo bilateral; 2) Corte Sagital: giro pre-central izquierdo (derecha), giro temporal medio y superior izquierdo; 3) Corte Coronal: giro temporal superior izquierdo, giro fusiforme izquierdo (abajo); 4) Corte Axial: giro temporal superior izquierdo.

4.2.6. Tristeza vs. Rostro Neutro.

En el análisis de p no-correctado ($p < 0.001$) se observaron 5 clústeres con 5 picos de activación que superaron el umbral establecido.

Las regiones que registraron respuesta hemodinámica diferencial fueron: **cíngulo anterior derecho, giro fusiforme izquierdo, hipocampo y giro parahipocampal izquierdo, tálamo izquierdo y precuneo izquierdo.**

Tabla 14. Tristeza > Neutro. P no-correctado (P unc $p < 0.001$).

Cluster		Pico			Coordenadas			Etiquetas			
$P(unc)$	K	$P(unc)$	T	Z	x	y	z	$H (*)$	BA	Área Cerebral	mm
0,19	17	0,00	5,31	3,98	20	42	0	D	32	Cingulo Anterior	4
0,44	6	0,00	5,10	3,88	-38	-46	-12	I	37	Giro Fusiforme	0
0,60	3	0,00	4,15	3,37	-16	-62	44	I	7	Precuneo	2
0,37	8	0,00	4,05	3,31	-20	-26	-18	I		Giro Parahipocampal	0
0,37	8	0,00	4,05	3,31	-28	-32	-8	I	*	Hipocampo	2
0,37	8	0,00	4,03	3,30	-14	-22	10	I	*	Tálamo	0

k = tamaño del clúster; $p(unc)$ = p no corregido; BA = Área de Brodmann; T = Prueba T ; mm = Rango en milímetros
 $H (*)$ = Hemisferio, I = Hemisferio Izquierdo, D = Hemisferios Derecho.

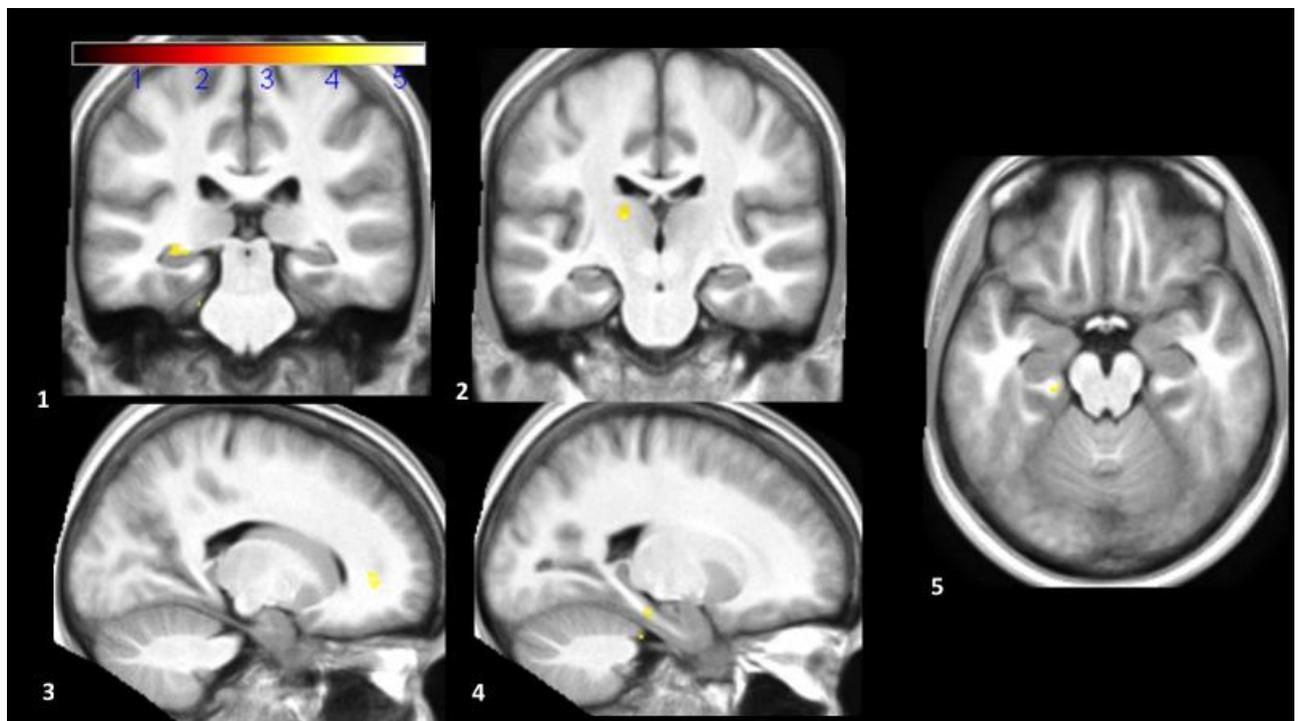


Figura 18. Contraste entre las activaciones de **Tristeza vs. condición de Reposo Rostro Neutro** mediante análisis P no corregido (p unc $p < 0.001$). 1) Corte Coronal: hipocampo izquierdo; 2) Corte Coronal: tálamo izquierdo; 3) Corte Sagital: cíngulo anterior derecho (materia blanca: rango 4mm); 4) Corte Sagital: giro parahipocampal izquierdo; 5) Corte Axial: giro parahipocampal izquierdo.

4.3. Índice de Lateralidad

Se calcularon los IL para cada una de las emociones versus los bloques de *reposo fijación* y *rostro neutro* utilizando la herramienta LI Toolbox para SPM junto con el método de cálculo Bootstrap. Se tomó el valor "*Weighted mean*" para determinar la lateralidad considerando como **Lateralidad Izquierda si el $IL > 0,1$, Lateralidad Derecha si el $IL < -0,1$ y Bilateral si $-0.1 < IL < 0.1$.**

A su vez, se utilizaron máscaras preestablecidas generadas con el software WFU Pick atlas (Maldjian, 2003) para los lóbulos *Frontal, Temporal, Parietal, Ínsula, estructuras Límbicas y giros Cingulados* (Tabla 15 y 16). Cabe destacar, que si bien aparecen etiquetas de áreas cerebrales que no han sido registradas como activación diferencial o respuesta hemodinámica en la sección anterior de resultados, esto se debe a que el cálculo del IL no depende del tamaño de activaciones presentadas ni del umbral del valor T elegido ni tampoco según el tipo de corrección (p unc ó FWE), sino que con el método Bootstrap se calcula IL a partir del mapa T de activaciones sin ningún tipo de umbral, y genera activaciones de manera aleatoria para distintos umbrales. Además, este método, permite la utilización de máscaras pre- establecidas por el software (no pudiendo hacer análisis de otras áreas de interés más específicas en el apartado anterior).

Tabla 15. Índice de Lateralidad de Emociones vs Fijación

Alegría vs Fijación

Área Cerebral	IL	Lateralidad
Frontal	-0,4	Derecho
Cingulado	0,14	Izquierdo
Insula	-0,43	Derecho
Limbico	-0,23	Derecho
Parietal	-0,37	Derecho
Temporal	-0,13	Derecho

Asco vs Fijación

Área Cerebral	IL	Lateralidad
Frontal	0,32	Izquierdo
Cingulado	0,15	Izquierdo
Insula	0,21	Izquierdo
Limbico	0,28	Izquierdo
Parietal	0,17	Izquierdo
Temporal	-0,4	Derecho

Neutro vs Fijación

Área Cerebral	IL	Lateralidad
Frontal	0,078	Bilateral
Cingulado	-0,041	Bilateral
Insula	-0,13	Derecho
Limbico	-0,037	Bilateral
Parietal	0,3	Izquierdo
Temporal	-0,52	Derecho

Miedo vs Fijación

Área Cerebral	IL	Lateralidad
Frontal	-0	Bilateral
Cingulado	0,14	Izquierdo
Insula	-0,5	Derecho
Limbico	0,32	Izquierdo
Parietal	0,05	Bilateral
Temporal	-0,5	Derecho

Sorpresa vs Fijación

Área Cerebral	IL	Lateralidad
Frontal	0,3	Izquierdo
Cingulado	-0,06	Bilateral
Insula	0,32	Izquierdo
Limbico	-0,17	Derecho
Parietal	0,11	Izquierdo
Temporal	-0,25	Derecho

Ira vs Fijación

Área Cerebral	IL	Lateralidad
Frontal	0,29	Izquierdo
Cingulado	-0,03	Izquierdo
Insula	0,31	Izquierdo
Limbico	0,18	Izquierdo
Parietal	0,35	Izquierdo
Temporal	-0,38	Derecho

Tristeza Fijación

Área Cerebral	IL	Lateralidad
Frontal	-0,32	Derecho
Cingulado	0,25	Izquierdo
Insula	-0,26	Derecho
Limbico	0,32	Izquierdo
Parietal	-0,2	Derecho
Temporal	-0,45	Derecho

Tabla 16. Índice de Lateralidad de Emociones vs Neutro.

Alegria vs Neutro

<i>Área Cerebral</i>	<i>IL</i>	<i>Lateralidad</i>
Frontal	-0,041	Bilateral
Cingulado	-0,11	Derecho
Insula	-0,056	Bilateral
Limbico	-0,24	Derecho
Parietal	-0,042	Bilateral
Temporal	-0,21	Derecho

Asco Vs Neutro

<i>Área Cerebral</i>	<i>IL</i>	<i>Lateralidad</i>
Frontal	0,55	Izquierdo
Cingulado	0,069	Bilateral
Insula	0,61	Izquierdo
Limbico	0,52	Izquierdo
Parietal	0,83	Izquierdo
Temporal	0,7	Izquierdo

Ira Vs Neutro

<i>Área Cerebral</i>	<i>IL</i>	<i>Lateralidad</i>
Frontal	0,51	Izquierdo
Cingulado	0,41	Izquierdo
Insula	0,66	Izquierdo
Limbico	0,55	Izquierdo
Parietal	0,87	Izquierdo
Temporal	0,57	Izquierdo

Miedo vs Neutro

<i>Área Cerebral</i>	<i>IL</i>	<i>Lateralidad</i>
Frontal	-0,28	Derecho
Cingulado	0,026	Bilateral
Insula	-0,36	Derecho
Limbico	0,23	Izquierdo
Parietal	0,55	Izquierdo
Temporal	0,097	Bilateral

Sorpresa vs Neutro

<i>Área Cerebral</i>	<i>IL</i>	<i>Lateralidad</i>
Frontal	0,46	Izquierdo
Cingulado	-0,11	Derecho
Insula	0,57	Izquierdo
Limbico	0,028	Bilateral
Parietal	0,7	Izquierdo
Temporal	0,78	Izquierdo

Tristeza vs Neutro

<i>Área Cerebral</i>	<i>IL</i>	<i>Lateralidad</i>
Frontal	-0,038	Bilateral
Cingulado	0,18	Izquierdo
Insula	0,23	Izquierdo
Limbico	0,2	Izquierdo
Parietal	0,76	Izquierdo
Temporal	0,29	Izquierdo

Tabla 17. *Conjunto de Resultados del IL de todas las Emociones*

<i>BILATERAL</i>	<i>HEMISFERIO DERECHO</i>	<i>HEMISFERIO IZQUIERDO</i>
Miedo vs Fijación	Alegría vs Fijación	Asco vs Fijación
Miedo vs Neutro	Alegría vs Neutro	Asco vs Neutro
Sorpresa vs Fijación		Ira vs Fijación
Sorpresa vs Neutro		Ira vs Neutro
Neutro vs Fijación		Tristeza vs Neutro
Tristeza vs Fijación		

CAPÍTULO 5

Discusión y Conclusiones

5.1. Discusión sobre los Resultados

El objetivo de la presente investigación fue estudiar la activación diferencial de las redes neuronales funcionales implicadas en el reconocimiento de emociones faciales mediante el uso de una prueba nueva en nuestro medio local, como es el UNCEEF, mediante el uso de IRMf. El conjunto de resultados evidencia una respuesta hemodinámica diferencial tanto en regiones comunes implicadas en el REF en consonancia y disidencias con estudios previos, y en regiones específicas relacionadas con características particulares con el paradigma experimental propuesto.

Los giros **fusiformes bilaterales**, ubicados en la cara basal del lóbulo temporal (Figura 19), han sido una zona de activación común. Esta región está implicada en tareas de reconocimiento de patrones faciales, corporales y del color. Se ha identificado a la porción lateral del giro fusiforme como un área especializada en el análisis de expresiones de rostros y la impresión de su emocionalidad en las imágenes, y se diferencia de la porción medial que está más implicada en el reconocimiento de objetos. A su vez, es un área responsable de memorias de contenido visual (Martin & Caramazza, 2003; Grill-Spector, Knouf & Kanwisher, 2004; Redolar Ripoll, 2014). En cuanto a su análisis, se ha podido registrar activación en todas las emociones (alegría, asco, ira, miedo, neutro, sorpresa y tristeza) en el paradigma experimental de *emoción versus reposo fijación*. Eso significa que es notable la participación de esta área cerebral en el proceso de reconocimiento facial. En la condición de reposo *rostro neutro* la activación de los giros fusiformes disminuye significativamente, y una de las posibles razones podría ser que el estímulo del bloque de reposo solo se diferencia del bloque de activación en cuanto a la expresión facial emocional. Es decir, ambos bloques son fotografías de rostros. En cambio, la condición de *reposo fijación* se compara una

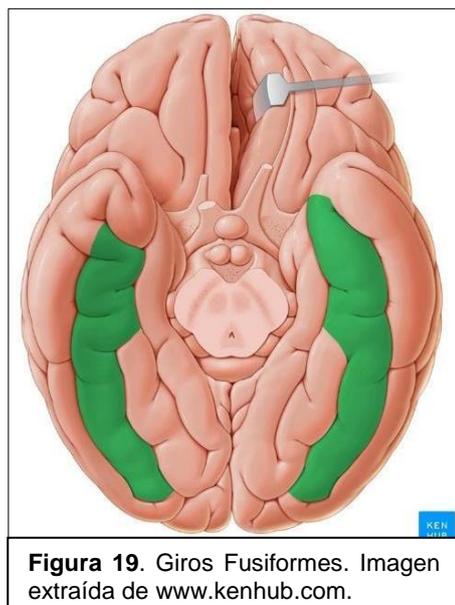


Figura 19. Giros Fusiformes. Imagen extraída de www.kenhub.com.

fotografía de una cara con una cruz en el centro de la pantalla, por lo tanto, el

contraste es más esperable. Algo similar sucede con los **giros occipitales medios e inferiores, giro lingual y el cúneo** que están vinculados con cortezas visuales, el área 19, 18 y 17 de Brodmann, encargadas de procesar la información visual, como las primeras impresiones de color, orientación, formas, movimiento, la tridimensionalidad y la intensidad de la luz (Snell, 2005; Meadows, 1974; Damasio et al., 1980; Rizzo et al., 1992; para revisión, Zeki, 1990b); en donde se ve más participación de dichas zonas en el paradigma experimental cuando la condición de reposo es una cruz. En comparación con antecedentes se observa respuesta hemodinámica en dichas áreas frente imágenes de diferentes colores y formas (Lueck et al., 1989; Corbetta et al., 1991; Zeki et al., 1991; Gulyás y Roland, 1991, 1994; Allison et al., 1993; Sakai et al., 1995; Sereno et al., 1995). El giro lingual también tiene un papel relevante en la memoria visual, en el procesamiento de información semántica con estímulos visuales, en la lectura del contexto y en la identificación de estímulos con significado simbólico o en el proceso que el sujeto intenta atribuirles, es decir, permite identificar y nombrar los estímulos a través de la visión (Redondo, 2017). Una explicación alternativa frente a la respuesta hemodinámica registrada podría ser la función de codificación información, la asignación de un significado al estímulo visual (en este caso una expresión de un rostro), el reconocimiento de la emoción facial, la atribución de un significado y su denominación en voz alta (almacén semántico de información). Según el atlas de Fusar-Poli (2009), que consiste en un metaanálisis de 105 publicaciones de IMRf con una muestra completa de 1600 participantes sanos desde el año 1990 hasta 2008, la actividad de la *corteza visual* se informó en casi en el 50% de los estudios en comparación con los bloques de reposo. Como así también, la *circunvolución fusiforme*.

Los **giros frontales inferiores bilateral** han resultado ser una zona de activación común en el paradigma experimental de *emoción versus condición de*

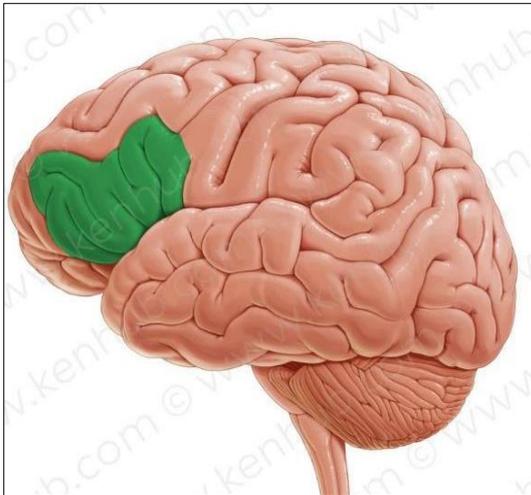


Figura 20. Giro Frontal Inferior. Imagen extraída de www.kenhub.com.

reposo fijación en asco, miedo, tristeza y sorpresa; y en condición de reposo de rostro neutro sobreviven las respuestas de *asco, miedo y sorpresa*. El giro frontal inferior, está dividido en tres subregiones: la parte anterior inferior o *pars orbitalis*, la parte medial o *pars triangularis* y la parte posterior superior o *pars opercularis*, abarcando en términos de áreas de Brodmann las 44, 45 y 47 (Figura 20). El área 44 y 45 conforman el área de broca,

relacionada con la producción del lenguaje a nivel hablado, entonación, gesticulación y a los movimientos necesarios para producir el lenguaje. Incluye el *pars triangularis* imprescindible para la producción del habla fluida, vinculado al procesamiento semántico además de la expresión facial y la entonación. Asimismo, el **giro pre-central** forma parte del área motora primaria, de modo que resulta relevante en la capacidad de planificar y programar movimientos y controlan regiones de la cabeza y cara. Del lado izquierdo está relacionado no solo con la producción del habla, que implican movimiento de lengua y labios, sino que también participa en la comunicación paraverbal y gestual (músculos de la cara). En el presente estudio, se observa respuesta hemodinámica diferencial significativa en dichas áreas, sobre todo en los giros frontales inferiores que se correlaciona con publicaciones previas (Fusar-Poli et al., 2009; Killgore & Yurgelun-Todd, 2004; Yang et al., 2002; Breiter et al., 1996). A su vez, *el área de pars opercularis* estaría relacionada con la cognición social y con el procesamiento emocional. Su respuesta diferencial coincide con resultados del estudio de Harms, Martin & Wallace (2010) donde concluyen que sujetos con Trastorno del Espectro Autista (presentan déficit para reconocer emociones), no activan el *giro frontal inferior o pars opercularis* frente a la tarea de REF, en contraposición del grupo control si presentan activación en esta área, asociada a habilidades empáticas y de la teoría de la mente.

Asimismo, se registraron activaciones en el **giro frontal medio**, que abarca el área 46 de Broadmann y parte de la corteza prefrontal dorsolateral que está vinculada con funciones cognitivas tales como memoria de trabajo visoespacial, atención alternante, secuenciación y capacidad metacognitiva (Labos, Slachevsky, Torralva, Fuentes & Manes, 2010). Una posible hipótesis explicativa podría estar relacionada con la demanda atencional de la tarea, la necesidad de la automonitoreo y la manipulación de la información online visoespacial en el momento que se proyectan las fotografías.

En función de la **ínsula**, estructura situada en lo profundo de la cisura silviana que separa el lóbulo temporal y parietal inferior (Figura 21), tiene un rol clave en el procesamiento sensoriomotor e interoceptivo, en el registro sensorial, propioceptivo, nociceptivo e integra información visceral del cuerpo con factores homeostáticos, hedónicos y motivacionales (Craig, 2009; Critchley & Harrison, 2013). La ínsula anterior ventral o fronto-insula tiene fuertes conexiones con la corteza cingulada anterior, la amígdala, el hipotálamo y el tallo cerebral, es un nodo clave en el comportamiento social y la regulación emocional (Seeley et al., 2008), y se involucra en sentimientos conscientes a través de la implicancia que las emociones tienen en el estado corporal, es decir, las sensaciones interoceptivas (Naqvi, Gaznick, Tranel, & Bechara, 2014). Hay antecedentes que describen un importante rol de la ínsula durante las tareas de neuroimagen funcional y reconocimiento de la emoción

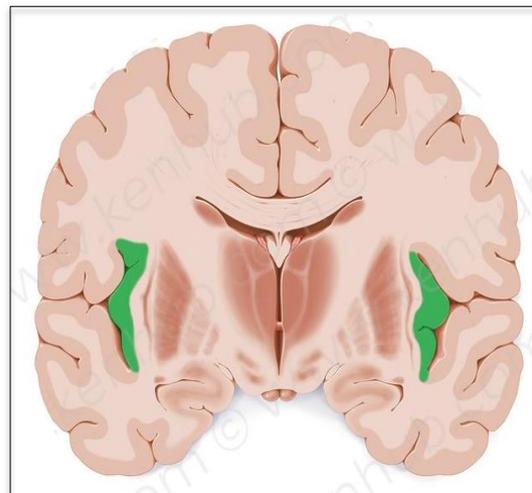


Figura 21. Corte Coronal: Ínsula. Imagen extraída de www.kenhub.com.

del asco (Craig, 2009; Seeley et al., 2012). En el atlas de Fusar-Poli (2009) observan activación insular frente a la presentación de expresiones faciales de todas las emociones, pero concluyen que son más fuertes, es decir que resisten análisis estadísticos más rigurosos, en rostros que expresan *asco* e *ira*. En el presente trabajo se observa respuesta hemodinámica en el *área 13* de Broadmann, que corresponde a la zona de anterior ventral de la ínsula, en los bloques de activación de las emociones de *asco* y *miedo* en ambas condiciones de reposo (fijación y rostro neutro). Ante el estímulo de rostros de *miedo* se

observa activación bilateral y el tamaño del clúster es mayor que frente a la respuesta obtenida ante el estímulo de asco, que solo activa de lado izquierdo. Esto es un hallazgo novedoso en relación a estudios previos, ya que frente a rostros de asco se evidencia mayor respuesta hemodinámica en ínsula que frente a rostros de miedo u otras emociones. Cabe destacar, que los resultados de este trabajo muestran más participación de la ínsula anterior frente a los estímulos de miedo, y quizás una hipótesis explicativa podría ser que esta área se relaciona más con la regulación de conductas, con la inhibición o freno social de ciertos comportamientos necesarios para convivir en sociedad, y con la toma de decisiones, y no tanto otros aspectos funcionales con los que se asocia a la ínsula, como el registro sensorial o la integración de información visceral, que quizás tenga más relación con las sensaciones que remiten la emoción de asco.

Por su parte, el **giro parahipocampal, giro cingulado, giro frontal medial, amígdala e hipocampo** son reconocidas como como estructuras límbicas, o dicho de otro modo conforman el sistema límbico (Figura 22), y participan en la integración de estímulos emocionales que denotan respuestas fisiológicas, cognitivas y conductuales (Catania & Dell'Acquaa, 2013). En cuanto a los **giros parahipocampales** están relacionados con formación de memorias explícitas a largo plazo. Ranganath y Ritchey (2012) refieren que los giros parahipocampales participan en los procesos de memoria tipo contextual, para eventos concretos y de contenido explícito, es decir, en la codificación y recuperación de los elementos de los cuales se recuerda el contexto de

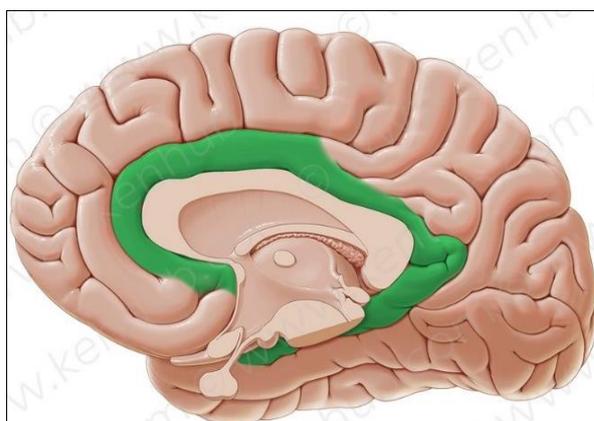


Figura 22. Corte Sagital: Sistema Límbico. Imagen extraída de www.kenhub.com.

presentación original, o cuando el recuerdo fue almacenado con información emocional o procesos autorreferenciales (Martin & Caramazza, 2003; Redolar Ripoll, 2014). En el presente estudio se observa respuesta hemodinámica en los giros parahipocampales cuando se proyecta el rostro de *alegría* y *tristeza versus rostro*

neutro, que coincide con publicaciones previas donde se registra activación parahipocampal en el reconocimiento facial de emociones de *alegría* (Fusar-Poli

et al., 2009; Calder, Lawrence & Young, 2001) y en trabajos publicados por Murphy, Nimmo-Smith & Lawrence (2003) donde seleccionaron 106 estudios de exploración funcional de cerebros sanos utilizando técnicas de IRMf y PET con el fin de evaluar las áreas cerebrales implicadas en el procesamiento de emociones, y concluyen que para *la tristeza y alegría*, a pesar de su antagonismo, los hallazgos refieren que estas emociones activan la misma área cerebral en estructuras límbicas como giros parahipocampales y cíngulo anterior. En relación al **giro cingulado y giro frontal medial**, recibe información aferente del tálamo y se conecta con áreas somatosensoriales de la corteza cerebral (Snell, 2010). En cuanto a su participación en los procesos emocionales, se la relaciona con la voluntad para iniciar y monitorear las conductas, por el contrario, el daño de estas áreas se asocia con la causa de apatía o abulia (Torralva & Manes, 2007). Dentro de los resultados obtenidos, se ha podido observar respuesta diferencial en el cíngulo anterior y giro frontal medial ante las expresiones faciales de *tristeza y alegría* en contraste con rostro neutro, ambos de lado derecho; y para expresiones de *asco, miedo y sorpresa* se registra activación de lado izquierdo en contraste con bloques de tanto de rostro neutro como de fijación. Por su parte, el **hipocampo**, ubicado en la asta inferior del ventrículo lateral del temporal medial, está asociado con la consolidación de aprendizajes y la capacidad de evocación de diferentes tipos de *memorias*, como la *semántica* (conocimiento del mundo en general y conceptos), *episódica* (recuerdo de eventos) y *reconocimiento espacial*. A su vez, es responsable en la capacidad de inhibición del comportamiento y la construcción mental de un mapa espacial (Afifi, 2006; Hatanpaa et al 2014; LeDoux, 1996). En función del análisis de los resultados obtenidos, sobreviven activaciones significativas solamente en la condición de en *tristeza* versus reposo *rostro neutro*, solo de lado izquierdo que es relacionado con la capacidad de almacenamiento de información de contenido verbal, y este hallazgo es novedoso en comparación con estudios previos. En relación a la participación de la **amígdala**, estructura ubicada dentro de la porción anteroinferior del lóbulo temporal medial, que recibe información sensorial a través del hipocampo de áreas polimodales de la corteza temporal y parietal, extrae los recuerdos almacenados y envía los resultados de la extracción a la corteza prefrontal a través del núcleo dorso-medial del tálamo. Se la asocia como el área donde se detectan posibles peligros o amenazas y, por lo

tanto, genera emociones de valencia negativa como el *miedo* o *ira* como respuesta defensiva (Kropotov, 2009; Yilmazer-Hanke, 2012). En un estudio reciente de reconocimiento facial y IMRf realizado por Wynn et al. (2017) se concluye que frente a imágenes de rostros de *miedo* o *ira* se activan áreas amigdalinas. Lo mismo se concluye en metaanálisis realizado por Fischer et al. (2005). Por su parte Sergerie, Chochol, & Armony (2008) realizaron un metaanálisis dedicado a estudiar el rol de la amígdala en la implicancia emocional, y, por el contrario, observan mayor respuesta hemodinámica frente a estímulos positivos o emociones de valencia positiva (alegría y sorpresa). Y en el atlas realizado por Fusar-Poli et al. (2009) se registra activación amigdalina bilateral en emociones como *alegría*, *miedo* y *tristeza*. En el caso del presente trabajo, si bien se observaron varias estructuras límbicas para la respuesta diferencial de estas emociones, no se observó una respuesta hemodinámica que sobreviviera a los parámetros estadísticos propuestos, es decir, se observaron activaciones amigdalinas que no superaron el umbral establecido para ambas condiciones de reposo. Se aplicaron máscaras en el post procesamiento de todas las emociones, pero tampoco se hallaron activaciones significativas. Una posible hipótesis explicativa puede ser que los resultados de la prueba del UNCEEF muestran que el índice de reconocimiento de las emociones faciales es superior al 70% en todas las emociones, a excepción del reconocimiento del *miedo*, que alcanza un valor cercano al 50% (Vaiman et al., 2015), y algunos participantes mostraron confusión para reconocer rostros de miedo, considerando que expresaban la emoción de sorpresa. La respuesta amigdalina se esperaba encontrar, teniendo cuenta las publicaciones previas, ante expresiones faciales de *miedo* e *ira* en ambas condiciones de reposo.

Por otro lado, se registra activación en los **giros post-centrales, supramarginales, parietales inferiores, mediales y superiores** correspondientes al área 1, 7, 39 y 40 de Brodmann. El giro post-central conforma la *corteza somatosensorial primaria* que es responsable de procesar y tratar la información de naturaleza sensorial, como sensaciones de propiocepción, nocicepción, termocepción, percibir tamaños, texturas y formas de los objetos. El área somatosensorial del cerebro también se encarga de recibir y transmitir la información relacionada con la posición en la que se encuentra nuestro cuerpo con respecto al espacio que le rodea. Los giros parietales superiores o área 7 de

Broadmann conforman el área somatosensorial secundaria asocia e integra la información sensorial permitiendo comprender los estímulos externos, la capacidad atencional, reconocer objetos y personas (Redolar Ripoll, 2014; Guyton, 2004; Finlay, Darlington & Nicholas Nicastro, 2001). Una explicación posible para las respuestas hemodinámicas observadas en los giros parietales superiores podría ser que la tarea requerida demanda gran esfuerzo de la capacidad atencional, sobre todo en la atención sostenida y escaneo visual necesario para identificar y reconocer la expresión facial proyectada.

En relación a los **giros temporales medios y superiores** (Figura 23), que incluyen las áreas de Brodmann 21, 22, 41 y 42, *área auditiva primaria, secundaria y de Wernicke*. El área auditiva primaria, también conocida como *giro transversal de Heschl* (área 41, 42), está ubicado en la parte superior interna del giro temporal superior, es una región especializada de la corteza que es la principal responsable de la recepción de información auditiva. El *área auditiva secundaria* (área 22) se ubica en la parte posterior del área auditiva primaria en el giro temporal superior, recibe impulsos del área auditiva primaria y del tálamo. La parte posterior del área 22 pertenece a la región de Wernicke en el hemisferio dominante, se vincula con la decodificación auditiva y las habilidades comprensivas del lenguaje. A diferencia del giro temporal superior, los giros temporales medio e inferior son responsables de los aspectos de la percepción visual. El giro temporal medio está asociado con la percepción de movimiento dentro del campo visual (Snell, 2010; Afifi & Bergman, 2005; Purves, 2004). En el presente trabajo se registra respuesta hemodinámica en los giros temporales

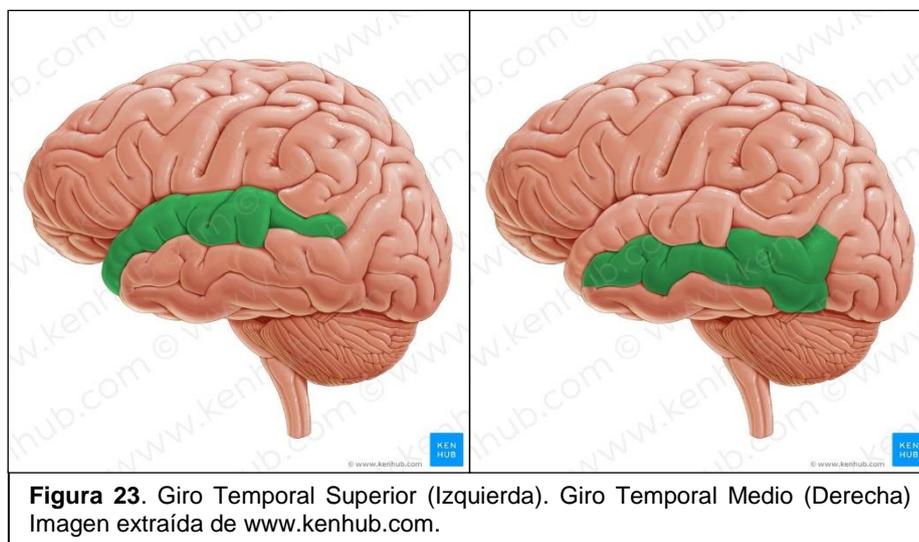


Figura 23. Giro Temporal Superior (Izquierda). Giro Temporal Medio (Derecha)
Imagen extraída de www.kenhub.com.

superiores y medios bilaterales (áreas de Brodmann 21,22, y 42) en las pruebas de REF de *asco, sorpresa, neutro y tristeza* en condición de *reposo fijación*; y *alegría, asco e ira* en contraste del bloque de *reposo rostro neutro*. Una explicación alternativa frente a implicancia de las redes neuronales activadas en contraste con el bloque de reposo fijación, es la participación de los giros temporales medios en la percepción visual, es decir, para identificar los estímulos a través de la visión, necesarios en la tarea de decodificar un rostro. Asu vez, la activación de áreas auditivas secundarias o de Wernicke del del temporal superior podrían relacionarse con la tarea de decodificar y comprender la información, atribuir y asignar un significado al estímulo visual presentado junto a la identificación de la emoción facial presentada.

En cuanto al **cerebelo**, es una estructura ubicada en la base del cráneo, separada del resto del cerebro y conectada a la parte posterior del tronco cerebral por solo tres pedúnculos cerebelosos en cada lado (Squire, Berg & Spitzer, 2013). Tiene un rol importante en la coordinación de la marcha, el tono muscular voluntario, equilibrio y programas motores relacionada con tendones, músculos y articulaciones de todo el cuerpo. Está relacionado con actividades motoras complejas como por ejemplo el habla; áreas cercanas al vermis asociada a movimientos del cuello y hombros. (Snell, 2010). A su vez, es encargado de la regulación y estimación temporal. Recientes estudios en neuroimagen sugieren que el cerebelo tiene implicancia en dominios cognitivos, tales como funciones ejecutivas, fluidez verbal, regulación emocional y capacidad empática (Becker & Stoodley, 2013; Roldan Gerschovich et al., 2011 en Roca et al., 2013). Se observó respuesta hemodinámica que supera el umbral establecido a nivel cerebelar bilateral en el reconocimiento de las imágenes de expresiones de *asco, ira, miedo, sorpresa y neutras* en contraste con los bloques de reposo en *condición de fijación*; y en *alegría, miedo y sorpresa* en condición reposo *rostros neutros*, aunque los clusters de activación son más débiles. Una posible explicación puede deberse a que la tarea de reconocer una expresión facial requiere cierto esfuerzo cognitivo tal como el monitoreo de la actividad, manipulación online de la información y de memoria de trabajo para responder correctamente frente al estímulo observado; en tal sentido se asociaría más a funciones ejecutivas que al procesamiento emocional es si mismo, y esto se

puede hipotetizar en función de que se registra activación cerebelar tanto ante el contraste del bloque de *reposo fijación como rostros neutros*.

Y, por último, en cuanto a estructuras subcorticales como **tálamo** y **ganglios de la base**: *núcleo caudado, globo pálido y lenticular* (Figura 24). El **tálamo** es la mayor masa de sustancia gris ubicado en el centro del diencefalo y actúa convenientemente como el eje central. Tenemos dos talamos y cada uno está ubicado a cada lado del tercer ventrículo (Snell, 2010). Su funcionalidad es transmitir e integrar una gran cantidad de impulsos motores y sensoriales entre los centros cerebrales superiores y nervios periféricos, ya que es el principal integrador y de relevo de la información sensorial a la corteza, teniendo más de 50 núcleos individuales, cada uno con su función específica, encargándose de seleccionar y procesar este flujo de información sensorial para enviarla a la nuevamente a corteza cerebral. Gran cantidad de la información sensitiva, a excepción del olfato, converge en el tálamo y es integrada a través de interconexiones entre los núcleos. Esta estructura, también participa en movimientos voluntarios, niveles de conciencia y el estado de alerta del individuo. Por su parte, los **ganglios de la base**, como *núcleo caudado, globo pálido y lenticular*, son los núcleos de sustancia gris que se encuentran en la base de cada hemisferio y desempeñan un papel importante en el control de la postura, coordinación en la motricidad fina, en el control movimiento voluntario (en la ejecución, monitoreo y la planificación) y aprendizaje de habilidades motoras. La actividad de los ganglios de la base es iniciada por la información recibida desde las áreas premotoras y suplementarias de la corteza motora, la corteza sensitiva, el tálamo y el tronco encefálico. A su vez, se conoce también la participación de los ganglios basales en la regulación e inhibición comportamental, en la capacidad de "frenar e iniciar" conductas tantas motoras, emocionales y cognitivas, existiendo diversos trastornos relacionados a lesiones en ganglios basales como puede ser tics, síndrome de Tourette, temblor parkinsoniano, trastorno obsesivo compulsivo y déficit de atención e hiperactividad (Snell, 2010; Afifi & Bergman, 2005; Purves, 2004).

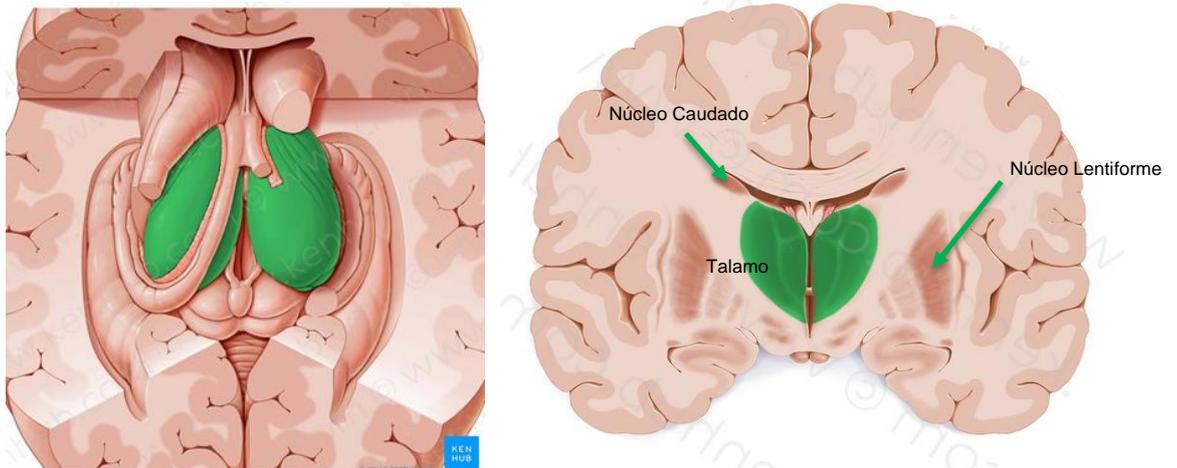


Figura 24. Talamo (Izquierda). Corte Coronal: tálamo, núcleo caudado, globo pálido y núcleos lentiformes (Derecha). Imagen extraída de www.kenhub.com.

Antecedentes en neuroimagen funcional evidencian la participación de estas estructuras subcorticales en el procesamiento emocional y en la capacidad de reconocer expresiones faciales (Fusar-Poli et al., 2009; Killgore & Yurgelun-Todd, 2004; Yang et al., 2002; Breiter et al., 1996). Concluyendo que ante las expresiones de asco se ha publicado activación de *globos pálidos, núcleo caudado y tálamo izquierdo*; para expresiones faciales de ira el *núcleo lentiforme izquierdo y claustro derecho*; tanto para *alegría como tristeza*, a pesar de su antagonismo en cuanto a sus valencias, activan *putamen derecho y núcleo lentiforme izquierdo* (Fusar-Poli et al., 2009; Vuilleumier & Pourtois, 2007; Adolphs & Tranel, 2004; Murphy et al., 2003; Whalen et al., 2001). En el presente trabajo se obtuvieron resultados coincidentes con antecedentes ya que se observa activación de estructuras subcorticales como el *tálamo y núcleo caudado bilateral y lenticular izquierdo* frente a rostros *alegres y tristes* en condición de *reposo fijación y rostros neutros*. En cuanto a las expresiones de *asco, miedo, sorpresa e ira en condición de reposo rostro neutro* también se ha podido observar activación en *tálamo, núcleo caudado bilateral y lentiforme izquierdo*, también coincidente con publicaciones previas (Hooker et al., 2013; Fusar-Poli et al., 2009; Murphy, Nimmo-Smith & Lawrence, 2003; Phan et al., 2002).

Y, por último, uno de los objetivos específicos propuestos ha sido evaluar el grado de **lateralización** en la activación de redes neuronales implicadas ante la presentación de estímulos de emociones faciales, y los resultados muestran mayor dominancia del **hemisferio izquierdo** ante las respuestas obtenidos para el REF de *valencia negativa*, tales como *asco*, *ira* y *tristeza*. Y, por el contrario, la participación del **hemisferio derecho** para las expresiones faciales de *valencia positiva*, como *alegría*. Y se observa la implicancia de **ambos hemisferios** ante los estímulos de rostros *neutros*, lo cual era esperable por no representar emocionalidad, pero también se observó frente a expresiones faciales de *miedo* y *sorpresa*. Cabe mencionar, que estas dos últimas emociones son las que algunos participantes mostraron confusión para reconocerlas entre sí (confundiendo miedo con sorpresa, y viceversa) y, además, para estas emociones el valor del índice de reconocimiento del UNCEEF es menor que para el resto de las imágenes (Vaiman et al., 2015).

Estos resultados coinciden con antecedentes bibliográficos y estudios de metaanálisis previos donde concluyen que para la tarea de REF existe **activación bilateral** (Hooker et al., 2013; Fusar-Poli et al., 2009; Vuilleumier & Pourtois, 2007; Murphy, Nimmo-Smith & Lawrence, 2003; Phan et al., 2002). En cuanto a la hipótesis de la asimetría asociada a la *valencia positiva y negativa*, varios autores refieren encontrar cierta simetría, lo cual disiente con los resultados encontrados en el presente trabajo, ya que es posible observar mayor *dominancia del hemisferio izquierdo* para emociones de *valencia negativa*, y el *hemisferio derecho* para las de *valencia positiva*.

5.2 Conclusiones

En la presente investigación se registraron las activaciones cerebrales diferenciales implicadas en el reconocimiento de emociones faciales mediante el uso de una prueba nueva en nuestro medio local denominada *Universidad Nacional de Córdoba Evaluación de Emociones Faciales* (UNCEEF) propuesta por Vaiman et. al (2015), junto a la utilización de la técnica de *Imagen de Resonancia Magnética funcional* a través del paradigma diseño de bloques. Para la obtención del diseño de bloques final, se realizaron tres sesiones experimentales, de las cuales se obtuvo la muestra final de la tercera sesión (N=17). En cuanto su potencia estadística, el criterio adoptado para considerar activaciones válidas fueron aquellas con clústeres (k) mayores o iguales 20 voxel en la condición de bloques de reposo fijación; y clusteres (k) mayores a 5 voxels en la condición de reposo rostros neutros.

A partir de los datos analizados, puede sostenerse entonces como conclusión que la prueba del UNCEEF, en esta muestra local, ha demostrado activaciones diferenciales consonancia y en disidencia con estudios previos. En cuanto al conjunto de resultados, se encontraron respuesta hemodinámica en concordancia con antecedentes en **giros frontales inferior, medio, medial y superior; giro cingular; ínsula; giros pre-post centrales; giros temporales superiores y medios, giro parahipocamal e hipocampo; giros fusiformes; giro lingual; giros occipitales inferior y superior; giro parietal inferior y superior; cerebelo; núcleo caudado; núcleo lentiforme y tálamos.**

Como aporte novedoso, se observó consistentemente una respuesta hemodinámica diferencial en regiones como el **tálamo, y los giros frontales inferior, medio y superior**, extendiendo las regiones de activación común.

En relación a las disidencias, **las activaciones amigdalinas** fueron consideradas débiles o no han superado el umbral establecido para que sea una activación estadísticamente significativa. Una posible hipótesis explicativa puede ser que los resultados de la prueba del UNCEEF muestran que el índice de reconocimiento para expresiones de miedo alcanza un valor cercano al 50%. En publicaciones previas la mayor respuesta amigdalina ha sido ante expresiones faciales de miedo e ira.

En cuanto al *índice de lateralidad*, los resultados obtenidos coinciden con antecedentes bibliográficos donde se observa **activación bilateral**, como así también, cierta asimetría asociada a la *valencia de emociones positiva y negativa*, observando mayor dominancia del hemisferio izquierdo para emociones de valencia negativa (asco, ira y tristeza) y del hemisferio derecho para las de valencia positiva (alegría).

Los hallazgos del presente trabajo constituyen un aporte a la premisa de que el *reconocimiento de emociones faciales* permite un rastreo de funciones cognitivas y emocionales en regiones cerebrales corticales y subcorticales, permitiendo desarrollar un instrumento con impacto en la evaluación clínica de patologías neurológicas y psiquiátricas. Las activaciones diferenciales que respondieron a la particularidad de cada emoción son un aporte más para la evaluación neuropsicológica clínica.

Una posible línea de proyección del presente estudio para futuras investigaciones es, aumentar el número de participantes ya que de ese modo mejoraría también la potencia estadística de las respuestas corticales diferenciales, y contemplar las dificultades encontradas ante el índice de reconocimiento para expresiones como las de miedo.

6.Referencias Bibliográficas

- Adolphs, R. & Tranel, D. (2004) Impaired judgments of sadness but not happiness following bilateral amygdala damage. *Journal of Cognitive Neuroscience* 16: 453-462.
- Adolphs, R. (2002) Neural systems for recognizing emotion. *Current Opinion in Neurobiology* 12, XXX-XXX.
- Adolphs, R.; Damasio, H.; Tranel, D. & Damasio AR. (1996) Cortical Systems for the Recognition of Emotion in Facial Expressions. *The Journal of Neuroscience* 16(23):7678–7687.
- Afifi, A., Bergman, R. (2005). *Neuroanatomía Funcional*. 2da edición México: Interamericana McGraw-Hill.
- Anderson, I. M., Del-Ben, C. M., Mckie, S., Richardson, P., Williams, S. R., Elliott, R., & William Deakin, J. F. (2007). Citalopram modulation of neuronal responses to aversive face emotions: a functional MRI study. *NeuroReport*, 18(13), 1351–355. doi:10.1097/wnr.0b013e3282742115.
- Becker, E. & Stoodley, C. J. (2013). Autism Spectrum Disorder and the Cerebellum. *Neurobiology of Autism*, 1–34. doi:10.1016/b978-0-12-418700-9.00001-0
- Blair, R.J. & Cipolotti, L. (2000) Impaired social response reversal. A case of 'acquired sociopathy'. *Brain* 123: 1122-1141.
- Blair, R.J.; Morris, J.S.; Frith, C.C.; Perrett, D.I. & Dolan, R.J. (1999) Dissociable neural responses to facial expressions of sadness and anger. *Brain* 122: 883-893.
- Borod, J.C. (2000) *The neuropsychology of emotion*. Oxford: University Press.
- Bogousslavsky, J.; Miklossy, J.; Deruaz, J.P.; Assal, G. & Regli, F. (1987). Lingual and fusiform gyri in visual processing: a clinico-pathologic study of superior altitudinal hemianopia. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 50: 607-617.
- Breiter, H.C.; Etcoff, N.L.; Whalen, P.J.; Kennedy, W.A.; Rauch, S.L. & Buckner, R.L. (1996) Response and habituation of the human amygdala during visual processing of facial expression. *Neuron*, 17 (5), 875-887.
- Calder, A.J.; Lawrence, A.D. & Young, A.W. (2001) Neuropsychology of fear and loathing. *Nature Reviews Neuroscience* 2: 352-363.
- Carton, J.S.; Kessler, E.A. & Pape, C.L. (1999) Nonverbal decoding skills and relationship well-being in adults. *Journal of Nonverbal Behavior*, 23, 91-100.
- Chibelushi, C.C. & Bourel, F. (2004) Hierarchical multistream recognition of facial expressions. *IEE Proceedings*, 151 (4), 307-313.
- Ciarrochi, J.V.; Chan, A.Y. & Caputi, P. (2000) A critical evaluation of the emotional intelligence construct. *Personality and Individual Differences*, 28, 539-561.
- Covy-Duchesne, B.; Strike, L.T.; de Zubicaray, G.; McMachon, K.L.; Thompson, P.M.; Hickie, I.B.; Martin, N.G. & Wright, M.J. (2018). Lingual Gyrus Surface Area is associated with anxiety-depression severity in young adults: a genetic clustering approach. *eNeuro*, 5 (1).

Cuencas, R.; Von Seggern, B.; Toledo, R. & Harrell, E. (1990) El inventario de Edimburgo: Evaluación de la lateralidad cerebral en una población mexicana.

Dapretto, M., Davies, M. S., Pfeifer, J. H., Scott, A. A., Sigman, M., Bookheimer, S. Y., & Iacoboni, M. (2005). Understanding emotions in others: mirror neuron dysfunction in children with autism spectrum disorders. *Nature Neuroscience*, 9(1), 28–30. doi:10.1038/nn1611

Darwin, C. (1872/1998) *The Expression of the Emotions in Man and Animals* (3ra ed.). New York: Oxford University Press.

Donato, G.; Bartlett, M.S.; Hager, J.C.; Ekman, P. & Sejnowski, T.J. (1999) Classifying Facial Actions. *IEEE Transactions on Patterns Analysis and Machine Intelligence*, 21 (10), 974-989.

Ekman, P. & Davidson, R.J. (1994) *The Nature of Emotion: Fundamental Questions*. New York: Oxford University Press.

Ekman, P. & Friesen, W.V. (1976) *Pictures of facial affect*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press.

Ekman, P. & Friesen, W.V. (1978) *Facial action coding system: A technique for the measurement of facial movement*. California: Consulting Psychologists Press.

Ekman, P. (1973) Cross-cultural studies of facial expression. En P. Ekman, *Darwin and facial expression: A century of research in review*, 1-83. New York: Academic Press.

Ekman, P.; Levenson, R.W. & Friesen, W.V. (1983) Autonomic nervous system activity distinguishes among emotions. *Science* 221 (4616): 1208-1210.

Elfenbein, H.A. & Ambady, N. (2002) On the universality and cultural specificity of emotion recognition: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 128, 203-235.

Evans, K. C., Wright, C. I., Wedig, M. M., Gold, A. L., Pollack, M. H., & Rauch, S. L. (2008). A functional MRI study of amygdala responses to angry schematic faces in social anxiety disorder. *Depression and Anxiety*, 25(6), 496–505. doi:10.1002/da.20347

Fischer, H.; Sandblom, J.; Gavazzini, J.; Fransson, P.; Wright, C.I. & Bäckman, L. (2005) Age-differential patterns of brain activation during perception of angry faces. *Neuroscience Letters* 386: 99-104.

Fusar-Poli, P.; Placentino, A.; Carletti, F.; Landi, P.; Allen, P.; Surguladze, S.; Benedetti, F.; Abbamonte, M.; Gasparotti, R.; Barale, F.; Perez, J.; McGuire, P. & Politi, P. (2009) *J Psychiatry Neurosci* 34 (6): 418-32.

Golden, C. (1994) *Stroop: test de colores y palabras*. Madrid: TEA.

Graziano, M.S.A.; Alisharan, S.R.; Hu, X. & Gross, C.G. (2002). The clothing effect: Tactile neurons in the precentral gyrus do not respond to the touch of the familiar primate chair. *PNAS*, 99 (18): 11930-33

Guillen, A. & Gualberto Buela, G. (2011) Actualización psicométrica y funcionamiento diferencial de los ítems en el State Trait Anxiety Inventory (STAI).

Harms, M. B., Martin, A., & Wallace, G. L. (2010). Facial Emotion Recognition in Autism Spectrum Disorders: A Review of Behavioral and Neuroimaging Studies. *Neuropsychology Review*, 20(3), 290–322. doi:10.1007/s11065-010-9138-6.

Hooker, C.I.; Bruce, L.; Fisher, M.; Verosky, S.C.; Miyakawa, A.; D'Esposito, M. & Vinogradov, S. (2013) The influence of combined cognitive plus social-cognitive training on amygdala response during face emotion recognition in schizophrenia. *Psychiatry Research: Neuroimaging* 213: 99–107.

Iidaka, T.; Omori, M.; Murata, T.; Kosaka, H.; Yonekura, Y. & Tomohisa, O. (2001) Neural interaction of amygdala with the prefrontal and temporal cortices in the processing of facial expressions as revealed by fMRI. *Journal of Cognitive Neuroscience*: 1035-1047.

Izard, C. E. (1977). *Human emotions*. New York: Academic Press.

Juri D. Kropotov (2009) *EEG, Event-Related Potentials and Neurotherapy*. Ed.Elsevier.

Kehoe, E. G.; Toomey, J. M.; Balsters, J. H., & Bokde, A. L. (2012). Healthy aging is associated with increased neural processing of positive valence but attenuated processing of emotional arousal: an fMRI study. *Neurobiol Aging*.

Killgore, W.D. & Yurgelun-Todd, D.A. (2004) Activation of the amygdala and anterior cingulate during nonconscious processing of sad versus happy faces. *NeuroImage* 21: 1215-1223.

Lazarus, R.S. (1991) Progress on a cognitive-motivational-relational theory of emotion. *American Psychologist* , 46, 819-834.

Lira Yoon, K., Fitzgerald, D. A., Angstadt, M., McCarron, R. A., & Phan, K. L. (2007). Amygdala reactivity to emotional faces at high and low intensity in generalized social phobia: A 4-Tesla functional MRI study. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 154(1), 93–98.doi:10.1016/j.psychres.2006.05.004

Maldjian, JA, Laurienti, PJ, Burdette, JB, Kraft RA (2003) An Automated Method for Neuroanatomic and Cytoarchitectonic Atlas-based Interrogation of fMRI Data Sets. *NeuroImage*19:1233-1239

Mehrabian, A. (1968) Communication without words. *Psychology Today*, 2 (4), 53-56.

Murphy, F.C.; Nimmo-Smith, I. & Lawrence, A.D. (2003). Functional neuroanatomy of emotion: a meta-analysis. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience* 3: 207-233.

Peña Casanova, J; Guardia, J. & Bertran Serra, R.M. (1997). *Versión Abreviada del test de Barcelona*.

Pereno, G.; Vaiman, M. y Caicedo, E. (2011). Reconocimiento de Emociones Faciales: Construcción de una prueba local. Comunicación presentada en el III Congreso de Psicología "Ciencia y Profesión". Córdoba: Facultad de Psicología, Universidad Nacional de Córdoba.

Phan, K.L.; Wager, T.; Taylor, S.F. & Liberzon, I. (2002). Functional neuroanatomy of emotion: a meta-analysis of emotion activation studies in PET and fMRI. *NeuroImage* 16: 331-348.

Phillips, M.L.; Williams, L.M.; Heining, M.; Herba, C.M.; Russell, T.; Andrew, C.; Bullmore, T.; Brammer, M.J.; Williams, S.C.R.; Morgan, M.; Young, A.W. & Grayh, J.A. (2004) Differential neural responses to overt and covert presentations of facial expressions of fear and disgust. *NeuroImage* 21, 1484–1496.

- Pillai, J.J. & Zacà, D (2011). Relative utility for hemispheric lateralization of different clinical fMRI activation tasks within a comprehensive language paradigm battery in brain tumor patients as assessed by both threshold-dependent and threshold-independent analysis methods. *NeuroImage* 54: S136–S145
- Rauch, S. L., Whalen, P. J., Shin, L. M., McInerney, S. C., Macklin, M. L., Lasko, N. B., Pitman, R. K. (2000). Exaggerated amygdala response to masked facial stimuli in posttraumatic stress disorder: a functional MRI study. *Biological Psychiatry*, 47(9), 769-76. doi:10.1016/s0006-3223(00)00828-3
- Roca, M., Gleichgerrcht, E., Ibáñez, A., Torralva, T., & Manes, F. (2013). Cerebellar Stroke Impairs Executive Functions But Not Theory of Mind. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 25(1), E48–E49. doi: 10.1176/appi.neuropsych.12030057
- Salloum, J.B.; Ramchandani, V.A.; Bodurka, J.; Rawlings, R.; Momenan, R. & George, D. (2007) Blunted rostral anterior cingulate response during a simplified decoding task of negative emotional facial expressions in alcoholic patients. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research* 31: 1490-1504.
- Sanz, J.; Perdigon, .L. & Vazquez, C. (2003) Adaptación española del Inventario para la Depresión de Beck-II (BDI-II): 2. Propiedades psicométricas en población general.
- Sergerie, K., Chochol, C., & Armony, J. L. (2008). The role of the amygdala in emotional processing: A quantitative meta-analysis of functional neuroimaging studies. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 32(4), 811–830. doi:10.1016/j.neubiorev.2007.12.002
- Seghier M. (2008). Laterality index in functional MRI: methodological issues; *Magnetic Resonance Imaging* 26, 594–601
- Shimokawa, A.; Yatomi, N.; Anamizu, S.; Torii, S.; Isono, H. y Sugai, Y. (2001) Influence of deteriorating ability of emotional comprehension on interpersonal behavior in Alzheimer-type dementia. *Brain & Cognition*, 423-433.
- Soprano, A.M. (2009). *Cómo evaluar la atención y las funciones ejecutivas en niños y adolescentes*. Buenos Aires: Paidós.
- Strandberg M., Elfgren C. & Mannfolk P. (2011). fMRI memory assessment in healthy subjects: a new approach to view lateralization data at an individual level; *Brain Imaging and Behavior*, 5:1–11.
- Suarez, R.O. et al. (2009). Threshold-independent functional MRI determination of language dominance: a validation study against clinical gold standards. *Epilepsy Behav* 16:288–297
- Surcinelli, P.; Codispoti, M.; Montebanocci, O.; Rossi, N. & Baldaro, B. (2006) Facial emotion recognition in trait anxiety. *Anxiety Disorders*, 20, 110-117.
- Szaflarski J., Holland S., Schmithorst V. & Byars A. (2006). An fMRI study of language lateralization in children and adults; *Hum Brain Mapp*; 27(3): 202–212.
- Vaiman, M.; Caicedo, E. & Pereno, G. (2011) La expresión de emociones en el Picture of Facial Affect: índices de reconocimiento en una muestra de estudiantes universitarios. *Revista Argentina de Neuropsicología* 19, 10-21.

Vaiman, M.; Wagner, M.A.; Caicedo, E. & Pereno, G. (2015) Development and validation of an Argentine set of facial expressions of emotion. *Cognition and Emotion*. <http://dx.doi.org/10.1080/02699931.2015.1098590>

Vuilleumier, P. & Pourtois, G. (2007) Distributed and interactive brain mechanisms during emotion face perception: evidence from functional neuroimaging. *Neuropsychologia* 45: 174-194.

Vuilleumier, P.; Armony, J.L.; Clarke, K.; Husain, M.; Driver, J. & Dolan, R.J. (2002) Neural response to emotional faces with and without awareness: event-related fMRI in a parietal patient with visual extinction and spatial neglect. *Neuropsychologia* 40, 2156–2166.

Whalen, P.J.; Shin, L.M.; McInerney, S.C.; Fischer, H.; Wright, C.I. & Rauch, S.L. (2001) A functional MRI study of human amygdala responses to facial expressions of fear versus anger. *Emotion*: 70-83.

Wilke M., & Lidzba K. (2007). A new toolbox to assess lateralization in functional MR-data; LI-tool *Journal of Neuroscience Methods* 163:128–136.

Yang, T.T.; Menon, V.; Eliez, S.; Blasey, C.; White, C.D. & Reid, A.J. (2002) Amygdalar activation associated with positive and negative facial expressions. *NeuroReport* 13: 1737-1741.

Zacà, D.; Nickerson, J.; Deib, G. & Pillai, G. (2012). Effectiveness of four different clinical fMRI paradigms for preoperative regional determination of language lateralization in patients with brain tumors. *Neuroradiology* ,54:1015–1025 DOI 10.1007/s00234-012-1056-2

Zhang, L.; Qiao, L.; Chen, Q.; Yand, W.; Xu, M.; Yao, X.; Qiu, J. & Yang, D. (2016). Gray Matter Volume of the Lingual Gyrus Mediates the Relationship between Inhibition Function and Divergent Thinking. *Front. Psychol*, 7: 1532.

Zilles, K. & Amunts, K. (2012). Architecture of the Cerebral Cortex. In: Mai, J. & Paxinos, G. (2012). *The Human Nervous System*. 3rd edition

ANEXOS

HOJA DE INFORMACION AL Participante

TITULO DEL ESTUDIO

Activación cerebral en la prueba de reconocimiento de emociones faciales UNCEEF mediante la utilización de Imágenes por Resonancia Magnética Funcional (IRMf).

Investigador responsable: Dra. Mariela Carpinella (Instituto Conci Carpinella SRL)

Director del proyecto: Lic. Santiago Redondo. (Facultad de psicología de Universidad Nacional de Córdoba)

INTRODUCCION

Usted ha sido invitado a participar en este proyecto de investigación de manera voluntaria. Es importante que lea la descripción del estudio y su posible función en el en caso de que decida participar.

Asimismo, usted debe entender la naturaleza y los riesgos de su participación y proporcionar su consentimiento informado por escrito. Su decisión de participar es completamente voluntaria.

Usted participará a modo de caso control. Debe tener entre 18 y 65 años de edad y no padecer ningún tipo de enfermedad neurológica o psiquiátrica (como Alzheimer, Parkinson, depresión, autismo y esquizofrenia). Así mismo la presencia de alguno de los siguientes trastornos será motivo del rechazo de su participación en el proyecto: accidente cerebro-vascular, pérdidas de conocimiento, traumatismo de cráneo, enfermedades del sistema nervioso central, diabetes, insuficiencia renal crónica, encefalopatía hepática, alteraciones tiroideas, dolores de cabeza crónicos, epilepsia, hipertensión, problemas coronarios severos, alteraciones del sueño, episodio de coma, alteraciones psiquiátricas diagnosticadas y consumo de drogas. Por otro lado debe ser capaz de visualizar una serie de fotografías sin la necesidad de anteojos o gafas aunque si podrá utilizar lentes de contacto. Además no debe poseer marcapasos o ningún tipo de objeto metálico o ferromagnético en el cuerpo. Puede consultar estas especificaciones en la sección riesgos e incomodidades en donde son ampliadas y explicadas.

OBJETIVO

El objetivo de la investigación es estudiar la activación diferencial de las redes neuronales funcionales implicadas en el reconocimiento de emociones faciales.

El proyecto está compuesto por integrantes de la facultad de Psicología de la universidad Nacional de Córdoba y especialistas del Instituto Conci Carpinella SRL y tendrá una duración aproximada de 2 años.

Como equipo de trabajo estamos interesados en explorar en la población de la ciudad de Córdoba las activaciones cerebrales diferenciales ante la presentación de emociones faciales de alegría, tristeza, ira, sorpresa, miedo y asco de una serie de fotografías que conforman la prueba

UNCEEF. La prueba UNCEEF es una serie de fotografías de personas de nacionalidad Argentina que evocan las emociones mencionadas.

Este estudio ha sido revisado y aprobado por el Comité de Ética del Hospital Nacional de Clínicas y las Autoridades sanitarias que garantizan que los estudios de investigación no violen los derechos de las personas. Presidente del Comité de Ética del HNC: Prof. Dra. Susana Vanoni. Hospital de Clínicas. Santa Rosa 1564. Córdoba. Lunes a viernes de 10 a 16 hs.

ANTECEDENTES

El proceso de reconocimiento de una emoción puede derivarse de varias fuentes. Entre ellas, las principales son el reconocimiento facial, la prosodia del lenguaje, las gesticulaciones y el contenido verbal del discurso. Numerosas investigaciones han destacado la importancia del reconocimiento de las emociones faciales por encima del reconocimiento de las otras fuentes.

A partir del año 2012 se ha trabajado en la construcción de una prueba de reconocimiento de las emociones faciales denominada Universidad Nacional de Córdoba Evaluación de Emociones Faciales (UNCEEF), la que presenta fotografías tomadas a color en población de la ciudad de Córdoba, analizadas a través de un sistema de codificación de acciones faciales (FACS) en el que se tiene en cuenta la contracción o relajación de los músculos de la cara agrupados en unidades de acción. La prueba cuenta con estudios de los valores normativos para la provincia de Córdoba. El proyecto, que cuenta con el aval de SECYT (Secretaría de Ciencia y Técnica-UNC), se desarrolla en la facultad de Psicología y ya ha elaborado 60 fotografías estímulos, con la disposición de actores que interpretan las siguientes emociones: alegría, sorpresa, asco, ira, tristeza, miedo y expresiones neutras.

BENEFICIOS POSIBLES

El reconocimiento de las emociones faciales es una habilidad sumamente necesaria para la interacción social en la vida cotidiana de las personas. Los reportes sugieren que el déficit en esta habilidad se asocia con dificultades de las funciones sociales, incluyendo competencias sociales reducidas, pobre funcionamiento interpersonal y comunicación, reducción de la calidad de vida y comportamiento social inadecuado. Los resultados de esta investigación ayudarían a comprender los mecanismos cerebrales involucrados en el reconocimiento de las emociones brindando información valiosa que podrá luego ser volcada a patologías neurológicas como Alzheimer y Parkinson o psiquiátricas como depresión, autismo y esquizofrenia, enfermedades en las que se ha demostrado un déficit en esta habilidad. Por otro lado la validación de una prueba local para el reconocimiento de las emociones como la UNCEEF brindará calidad a un instrumento actualizado, elaborado en un medio local y que supere las falencias que presentan las herramientas utilizadas actualmente.

PROCEDIMIENTO DEL ESTUDIO

En caso de aceptar participar en el estudio se le realizarán algunas preguntas sobre su persona y sus antecedentes médicos. Se le realizará un test que evalúa el reconocimiento de

emociones faciales en donde se le solicitará que observe rostros de personas evocando diferentes emociones y se le pedirá que elija entre un número de opciones, que emoción cree usted que representa el actor. A los fines de descartar patologías y trastornos neurológicos o psiquiátricos como los mencionados anteriormente, se le realizará un cuestionario (Protocolo de Individuos Experimentales del Instituto Privado de Neurociencias).

Finalmente se le realizará un estudio de resonancia magnética funcional. La resonancia magnética es una técnica no invasiva, que no utiliza ningún tipo de radiación ionizante y no conlleva riesgos para su salud según lo descrito hasta el momento en la literatura. La resonancia funcional, es una técnica en la cual el paciente debe efectuar tareas dentro del equipo o resonador y mediante la adquisición de imágenes de cerebro se obtienen las zonas de cerebro activadas y evocadas en cada tarea específica. Dentro del resonador se le pedirá que efectúe una serie de pruebas, como por ejemplo mover los dedos de la mano, pensar o decir palabras que contengan ciertos sonidos, observar fotografías e identificar la emoción que evocan etc. Las pruebas tendrán una duración aproximada de 40 minutos. Se le hará firmar un cuestionario en donde debe indicar la presencia de elementos ferromagnéticos, metálicos o extraños en su cuerpo. La resonancia magnética está contraindicada para pacientes con marcapasos y algunos tipos de implantes metálicos. Por otro lado, la presencia de otros metales en el cuerpo no está contraindicada pero puede deteriorar la calidad de la imagen. Además se excluirán las mujeres embarazadas ya que por disposiciones institucionales requieren de una autorización expresa del médico para realizarse la resonancia.

POSIBLES RIESGOS E INCOMODIDADES

El estudio de resonancia magnética es totalmente indoloro, aunque si puede resultarle un poco incómodo. Esto se debe a las siguientes razones:

Deberá permanecer inmóvil en los períodos de adquisición de las imágenes que tienen una duración aproximada de 3 a 5 minutos. Se le irá indicando cuando puede relajarse y cuando debe permanecer completamente inmóvil. Las posibilidades de movimiento dentro del resonador son relativamente limitadas. Si sufre de claustrofobia es muy probable que no sea capaz de realizarlo. Si lo desea puede intentarlo, pero será totalmente comprendido si no desea participar. El estudio en su totalidad tendrá una duración aproximada de 40 minutos. En ese tiempo deberá permanecer recostado. Se le brindarán los elementos necesarios para que se sienta completamente cómodo antes de comenzar el estudio.

El equipo en su funcionamiento normal produce ruidos relativamente intensos. Aunque los niveles de ruido acústico no superan los límites legales, el ruido puede causar incomodidad en los pacientes. Se le brindará unos auriculares especiales para proteger sus oídos lo que disminuirá considerablemente los sonidos generados en el equipo.

En cuanto a los tests se lo guiará hasta un consultorio en donde un especialista le hará preguntas Siempre y cuando usted se sienta cómodo y a gusto para realizarlos.

SEGURO

Se ofrecerá terapia gratuita en caso de lesiones de tipo específico relacionadas con la investigación. Se cuenta con un seguro de indemnización para el participante o su familia o personas dependientes del mismo en caso de invalidez o muerte como resultado de dichas lesiones.

GRATUIDAD

La participación en este estudio no implicará para usted ningún tipo de gasto. No deberá pagar ningún tipo de honorario a los profesionales que le efectuarán la resonancia magnética, los tests o cuestionarios que sean parte de esta investigación.

COMPENSACIÓN

No recibirá ningún tipo de remuneración o pago por la participación en este proyecto de investigación.

CONFIDENCIALIDAD

Mediante la firma del consentimiento informado, usted está de acuerdo en permitir al personal de la investigación, las dependencias sanitarias del gobierno y los Consejos de Ética de la investigación, que examinen su historia clínica. Si usted recibe tratamiento médico en alguna otra situación, puede existir la necesidad de revisar sus datos médicos en dicha institución. Su nombre se mantendrá como confidencial hasta el punto que la ley lo permita. La información que Usted proporcione o que se recopile no será divulgada a terceros sin su permiso explícito.

PARTICIPACION VOLUNTARIA

Su participación en este estudio es plenamente voluntaria y Usted puede negarse a participar o puede retirarse del estudio en cualquier momento sin ninguna consecuencia desfavorable para usted.

OTRA INFORMACION

Ante cualquier pregunta que tenga respecto a los procedimientos del estudio el investigador lo informara en cualquier momento del estudio, antes, durante o después del mismo, y puede comunicarse con:

Lic. María Emilia Franzán
Licenciada en Psicología
Tel: (03543) 155-46929
Dr. Santiago Redondo
Dr. en Psicología
Tel: (0351) 152-647014
Dra. Mariela Carpinella
Dra. En física
Tel: (0351) 4140700 int 355

Título: "Activación cerebral en la prueba de reconocimiento de emociones faciales UNCEEF mediante la utilización de Imágenes por Resonancia Magnética Funcional (IRMf)"

Sede donde se realizará el estudio: Instituto Conci Carpinella S.R.L. /

Fac. de Psicología UNC

A usted se le está invitando a participar en este estudio de investigación. Antes de decidir si participa o no, debe conocer y comprender cada uno de los siguientes apartados y la información detallada en la hoja de información que se le adjunta a este documento. Este proceso se conoce como consentimiento informado. Siéntase con absoluta libertad para preguntar sobre cualquier aspecto que le ayude a aclarar sus dudas al respecto. La Lic. Emilia Franzán, el Lic Santiago Redondo, la Dra. Mariela Carpinella o el personal a cargo de la investigación le explicarán el procedimiento y aclararán cualquier duda que usted pueda tener. Una vez que haya comprendido el estudio y si usted desea participar, entonces se le pedirá que firme esta forma de consentimiento, de la cual se le entregará una copia firmada y fechada.

ACLARACIONES

- **Su decisión de participar en el estudio es completamente voluntaria.**
- **No habrá ninguna consecuencia desfavorable para usted, en caso de no aceptar la invitación.**
- **Los datos obtenidos serán utilizados sólo con fines de investigación básica. No se realizarán diagnósticos clínicos o neurológicos con los estudios realizados como parte del proyecto de investigación.**
- **Si decide participar en el estudio puede retirarse en el momento que lo desee, aún cuando el investigador responsable no se lo solicite, informando las razones de su decisión, la cual será respetada en su integridad.**
- **La implementación de las pruebas dentro del resonador no provocarán ningún riesgo hacia su persona.**
- **No tendrá que hacer gasto alguno durante el estudio y no recibirá pago por su participación.**
- **En el transcurso del estudio usted podrá solicitar información actualizada sobre el mismo, al investigador responsable.**
- **La información obtenida en este estudio, utilizada para la identificación de cada paciente, será mantenida con estricta confidencialidad por el grupo de investigadores.**
- **Usted puede contactarse con la Lic. Emilia Franzán o la Dra. Mariela Carpinella en el servicio de neurociencias del Instituto Conci Carpinella ubicado en Urquiza 358 5to piso o al teléfono 4140700 int 355 o con el Lic. Santiago Redondo en la Facultad de Psicología de**

la UNC, ubicada en Av. Enrique Barros, esquina Enfermera Gordillo Gómez, o al teléfono (0351) 152-647014.

- Si considera que no hay dudas ni preguntas acerca de su participación, puede, si así lo desea, firmar la Carta de Consentimiento Informado.

ESPACIO FIRMA PARTICIPANTE:

Yo, _____ DNI _____ he leído y comprendido la información anterior así como la hoja de información recibida, y mis preguntas han sido respondidas de manera satisfactoria. He sido informado por un investigador cuyo nombre y apellido se hace constar, y entiendo que los datos obtenidos en el estudio pueden ser publicados o difundidos con fines científicos preservando mi identidad. Doy mi consentimiento para participar de forma voluntaria en este estudio de investigación.

Recibiré una copia firmada y fechada de esta forma de consentimiento.

Firma del participante

Lugar y Fecha

ESPACIO FIRMA INVESTIGADOR:

Esta parte debe ser completada por el Investigador (o su representante):

He explicado al Sr(a). _____ DNI _____ la naturaleza y los propósitos de la investigación; le he explicado acerca de los riesgos y beneficios que implica su participación. He contestado a las preguntas en la medida de lo posible y he preguntado si tiene alguna duda.

Acepto que he leído y conozco la normativa correspondiente para realizar investigación con seres humanos y me apego a ella.

Una vez concluida la sesión de preguntas y respuestas, se procedió a firmar el presente documento.

Firma

Lugar y Fecha

Fecha PLANILLA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

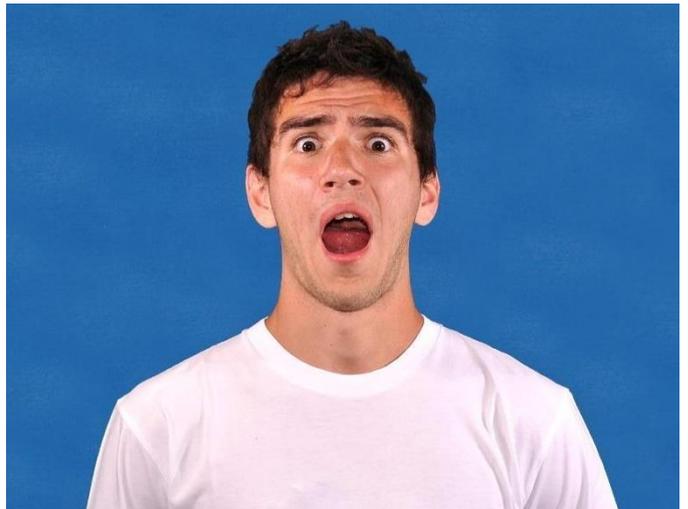
Fecha:	Código (Iniciales del evaluado + números consecutivos):		
Nombre y Apellido:			
Edad:	Fecha Nac.:	Estado civil:	Sexo M - F
Nivel educativo:		Años de estudio:	
Ocupaciones – Profesión:			
Teléfono y mail de contacto:			
Inventario de lateralidad manual de Edimburgo			
	Der.	Izq.	Ambas
Escribir			
Encender un fósforo			
Lanzar una pelota			
Agarrar una raqueta de tenis			
Cepillarse los dientes			
Usar tijeras			
Agarrar la cuchara			
Clavar un clavo con un martillo (mano del martillo)			
¿Qué pie prefiere usar al momento de patear una pelota?			
¿Qué ojo prefiere usar cuando tiene que usar uno solo?			

Protocolo de Individuos Experimentales del Instituto Privado de Neurociencias

¿Ha tenido algún ACV?	Sí – No
¿Ha perdido el conocimiento? (Por más de 20 minutos)	Sí – No
¿Ha sufrido un TCE?	Sí – No
¿Padece alguna enfermedad del SNC? (Esclerosis Múltiple, Parkinson, SIDA)	Sí – No
¿Ha sufrido o sufre de Diabetes?	Sí – No
¿Insuficiencia renal crónica?	Sí – No
¿Encefalopatía hepática?	Sí – No
¿Alteraciones tiroideas?	Sí – No
¿Mal de Chagas?	Sí – No
¿Sufre de dolores de cabeza de forma crónica?	Sí – No
¿Ha sufrido o sufre de Epilepsia?	Sí – No
¿Ha sufrido o sufre de HTA?	Sí – No
¿de problemas coronarios?	Sí – No
¿de alteraciones del sueño?	Sí – No

¿Ha estado alguna vez en coma?	Sí – No
¿Consume usted drogas?	Sí – No
¿Qué drogas consume? ¿Con qué frecuencia?	
¿Consume alcohol?	Sí – No
¿Cuál es la frecuencia de consumo de alcohol semanal?	
¿Ha tenido algún diagnóstico psiquiátrico?	Sí – No
¿Cuál? ¿Cuándo?	
¿Ha tenido algún diagnóstico de trastorno del aprendizaje?	Sí – No
¿Cuál? ¿Cuándo?	

UNCEEF (demo)



STAI X-A/Estado

Fecha: ____/____/____ Nombre: _____ Edad: _____

Instrucciones

Usted va a leer aquí algunas frases que las personas frecuentemente usan para describirse. Lea cada una de las frases y marque con una cruz que indica cómo se siente

Usted **AHORA**, en este momento. No hay respuestas correctas o equivocadas. No emplee demasiado tiempo en responder a las preguntas y marque la opción que le parezca que describe mejor su estado de ánimo.

Cuestionario

	NADA	ALGO	BASTANTE	MUCHO
1 Me siento calmo				
2 Me siento seguro				
3 Estoy tenso				
4 Tengo nostalgia				
5 Me siento tranquilo				
6 Me siento alterado				
7 Estoy preocupado por lo que me pueda pasar				
8 Me siento descansado				
9 Me siento ansioso				
10 Me siento cómodo				
11 Me siento seguro de mí				
12 Me siento nervioso				
13 Estoy angustiado				
14 Me siento tenso				
15 Estoy relajado				
16 Me siento contento				
17 Estoy preocupado				
18 Me siento desequilibrado				
19 Me siento alegre				
20 Me siento bien				

PUNTUACIÓN DIRECTA

PERCENTIL

