



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
MAESTRÍA EN CIENCIAS
NEUROBIOLOGÍA

LA MODULACIÓN DE LA INTENCIÓN COMUNICATIVA
MEDIANTE LA EXPRESIÓN FACIAL Y SU CORRELATO
NEURAL

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

PRESENTA:
JALIL RASGADO TOLEDO

TUTOR PRINCIPAL
DRA. MA. MAGDALENA GIORDANO NOYOLA
INSTITUTO DE NEUROBIOLOGÍA, UNAM

COMITÉ TUTOR
DR. SARAEL ALCAUTER SOLÓRZANO
INSTITUTO DE NEUROBIOLOGÍA, UNAM

DRA. EVA PATRICIA VELASQUÉZ UPEGUI
FACULTAD DE LENGUAS Y LETRAS, UAQ

JURIQUILLA, QUERÉTARO, OCTUBRE, 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dr. Victor Hugo de Lafuente Flores
Secretario: Dra. María Magdalena Giordano Noyola
Vocal: Dra. Elia Haydeé Carrasco Ortiz
1er. Suplente: Dr. Sarael Alcauter Solórzano
2o. Suplente: Dra. Natalia Arias Trejo

La tesis se realizó en el laboratorio de plasticidad Neuronal del departamento de Neurobiología Conductual y Cognitiva del Instituto de Neurobiología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

TUTOR DE TESIS:

Dra. Ma. Magdalena Giordano Noyola

Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Neurobiología

Los miembros del Jurado certificamos que la tesis elaborada por: Jalil Rasgado Toledo, cuyo título es: 'Modulación de la intención comunicativa mediante la expresión facial y su correlato neural' se presenta como uno de los requisitos para obtener el grado de Maestría en Ciencias (Neurobiología) y cumple con los criterios de originalidad y calidad requeridos por la División de Estudios de Posgrado de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Presidente:

Dr. Víctor Hugo de Lafuente Flores

Secretario:

Dra. María Magdalena Giordano Noyola

Vocal:

Dra. Elia Haydeé Carrasco Ortíz

Suplente:

Dr. Sarael Alcauter Solórzano

Suplente:

Dra. Natalia Arias Trejo

Aprobado por el comité académico

Dra. Maricela Luna Muñoz
Coordinadora del programa de Maestría en Ciencias
(Neurobiología)

There is a theory which states that if ever anyone discovers exactly what the Universe is for and why it is for and why it is here, it will instantly disappear and be replaced by something even more bizarre and inexplicable. There is another theory which states that this has already happened

The invention of the scientific method and science is, i'm sure we'll all agree, the most powerful intellectual idea, the most powerful framework for thinking undestanding and challenging the world around us that there is, and it rests on the premise that any idea is there to be attacked. If it withstands the attack then it lives to fight another day and if it doesn't withstand the attack then down it goes.

Douglas Adams.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por la beca otorgada durante la maestría. CVU: 858667. Número de apoyo: 476261.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por permitirme ingresar y el apoyo recibido.

Al instituto de Neurobiología, por las facilidades y el equipo que permitió realizar el presente trabajo.

A la Unidad de Resonancia Magnética de la UNAM, campus Juriquilla y al Laboratorio Nacional de Imagenología por Resonancia Magnética, por permitirme utilizar el Resonador para la obtención, así como para el análisis de los datos.

Al Dr. Erick Pasaye por la ayuda en la captura de los datos y el uso del resonador.

Dedicación especial al M. Leopoldo Gonzáles por el apoyo técnico, las innumerables veces que me sacó de aprietos.

Al Dr. Luis Aguilar y el staff técnico del Laboratorio de visualización (LAVIS)

A los participantes del proyecto, en las diversas etapas que se realizó. El aguante y la bienaventuranza con que aceptaron ser partícipes.

Al personal administrativo del Instituto, a Leonor y Nuri, por hacernos la vida más fácil, por ustedes podemos graduarnos.

A mis profesores del Instituto. A la Dra. Eva Velásquez y el Dr. Sarael Alcáuter Solórzano por los consejos y ayuda requerida en cada proceso del estudio, las asesorías y sugerencias.

Al Dr. Fernando Barrios, por las sugerencias de análisis y de literatura a revisar

A los innumerables tutoriales que abundan en las entrañas de la red. A los hombres y mujeres que se desviven para hacer un proceso científico más ameno y accesible.

A mis compañeras de laboratorio, por la ayuda y el aprendizaje que me proporcionaron.

A la Doctora Ma. Magdalena Giordano Noyola, por la dirección del proyecto, las ideas, las discusiones del tema, las charlas que reconfortaban el día, los innumerables temas que siempre salían a colación. El gran apoyo que me proporcionó durante el

trayecto.

A mis compañeros durante la maestría. A Marisol Espinoza, Fernando Lizcano, Jonathan Gallego, Alfonso Fajardo, Omar Báez, Cindy Lucero, Deyanira Mungía, Ana Aquiles, Luis Temo, Santiago Flores, Míriam Goyri, Mario Gabriel, Isaac David. A los Macías, Fernando y Martín, a Ana Hidalgo, por las pláticas que no llevaban a ningún lado pero reconfortaban, por los días en que solo permanecíamos viendo la misma serie una y otra vez. A los extras que no recordé. Los Kandel's Crew, por las veladas de seminarios, música y compañía, por dilatar el tiempo más rápido, por los intentos de ánimos, por las risas y los momentos cuasi-chuscos y los verdaderamente chuscos, por las pláticas extravagantes que tuvimos, por todos los seminarios informales y formales. Gracias por no juzgarme.

A los y las tlacuaches que me encontré en el camino.

A mi madre Raquel y mi padre Jesús, por las huellas que han dejado en mí, soy esta esencia, buena y mala, capaz y torpe, soy ustedes y con ello puedo ser más. A mi hermano, Gibran, por su apoyo y escucha de los problemas de la tesis, por soportarme. A mis abuelos, Ernestina y Luciano, por el apoyo moral y porque a pesar de lo que hubieran querido, me dejaron irme a estudiar más, con ustedes, frente a aquella calle, al observar el deambular de decenas de personas, pude abstraer las ideas que no podía nombrar. A Na' Tina ne Ta' Gorio, en las canciones está su recuerdo.

Declaración de autenticidad

Por la presente declaro que, salvo cuando se haga referencia específica al trabajo de otras personas, el contenido de esta tesis es original y no se ha presentado total o parcialmente para su consideración para cualquier otro título o grado en esta o cualquier otra Universidad. Esta tesis es resultado de mi propio trabajo y no incluye nada que sea el resultado de algún trabajo realizado en colaboración, salvo que se indique específicamente en el texto.

Jalil Rasgado Toledo. Juriquilla, Querétaro, Octubre, 2019

Resumen

La comunicación humana se da mediante un sistema de intercambio de significados codificados, la cual incluye la producción de elementos lingüísticos mediante la expresión motora del habla, acompañada de elementos gesticulatorios del rostro y movimientos del cuerpo. El oyente debe descifrar lo que el hablante dice, reconocer la intención para el intercambio comunicativo, para ello, es necesario la decodificación de los elementos mencionados (Bara et al., 2011; Reyes, 2007). Un enfoque tradicional para el estudio de la intención comunicativa ha sido a través de actos de habla (Escandell, 2006). Se evaluó la comprensión de la influencia de la expresión facial y emocional al reconocimiento de la intención comunicativa.

El estudio se dividió en varias fases experimentales. Para todas las fases se usó la base de datos de caras CFEE (Du et al., 2014), y las oraciones se construyeron usando NRC (Mohammad and Turney, 2010) y el corpus LEXMEX. La primera etapa consistió en la obtención de los estímulos y la comprobación de reconocimiento a la población objetivo. La etapa 2 evaluó la relación entre rogar, exigir, ordenar y solicitar con expresiones faciales emocionales básicas en una muestra de 40 participantes. La etapa 3, evaluó la compatibilidad del enojo, alegría y tristeza con oraciones construidas como exigencia, afirmación y ruego, en 30 participantes. En la etapa 4, 40 participantes tuvieron que clasificar una serie de afirmaciones como exigencias, ruegos o afirmaciones después de ver expresiones de enojo, alegría y tristeza. En la etapa 5, los participantes resolvieron esta tarea dentro de un resonador. Se usó el mismo conjunto de estímulos, agregando una cara borrosa como control. En esta etapa, 22 participantes diestros, mexicanos neurotípicos realizaron la tarea. Se utilizó un escáner 3 Tesla GE MR750 con una bobina de cabeza de 32 canales. 36 cortes adquiridos utilizando una secuencia EPI ponderada T2 *, TR de 2000 y TE de 40 ms, FOV 25.6, con una matriz de 64 x 64 y un grosor de corte de 4 mm. La señal BOLD se examinó durante la presentación de las oraciones, incluyendo un regresor para cada expresión emocional.

Los resultados de la etapa 2 sugieren un vínculo entre exigir con la cara de enojo y una cara triste con ruego. La etapa 3 indicaba una asociación entre las exigencias con el enojo, ruego con tristeza y alegría con afirmaciones. La etapa 4 mostró que las oraciones se clasificaron de manera diferente según las expresiones emocionales faciales que se presentaron. Los datos de neuroimagen mostraron la activación de regiones involucradas en el lenguaje, la intencionalidad y el reconocimiento facial durante la presentación de las afirmaciones, en conjunto, estas áreas pueden estar contribuyendo al procesamiento contextual y la categorización de diferentes actos de habla según la cara emocional presentada. Todo ello sugiere una activación de regiones del lenguaje y reconocimiento facial, estas áreas podrían contribuir al procesamiento contextual y la diferente categorización fue acorde al tipo de expresión emocional presentado.

Palabras clave: lenguaje, expresiones emocionales, intención comunicativa, actos de habla, fmri.

Abstract

Human communication occurs through a system of exchange of coded meanings, which includes the production of linguistic elements through motor expression of speech, accompanied by gestural elements of the face and body movements. The listener must decipher what the speaker says and decode the mentioned elements to recognize the intention (Bara et al., 2011; Reyes, 2007). A traditional approach to the study of communicative intention has been through speech acts (Escandell, 2006). The objective of the present study is to contribute to the understanding of the influence of facial emotional expression to the recognition of communicative intention in Spanish-speaking, well-educated young adults. The study was divided in several experimental phases. For all phases the CFEE face database was used (Du et al., 2014), and utterances were constructed with neutral emotional valence using NRC Emotion lexicons (Mohammad and Turney, 2010) and LEXMEX corpus to calculate the frequency of use. Firts phase consisted in obtaining the stimuli used and check the recognition of it by the target population. Phase two evaluated the relationship between begging, demanding, ordering and requesting with basic emotional facial expressions in a sample of 40 participants. Phase three, assessed the compatibility of anger, joy and sadness with sentences that had the linguistic characteristics of a demand, a request and an assertion in 30 participants. In phase four, 40 participants had to categorize a series of affirmative statements as demands, begging or assertions after viewing expressions of anger, joy and sadness. In phase five, the participants solved the behavioral task inside a scanner. We used the same set of stimuli, adding a blur face as a control, and random jittering. In this phase 22 right handed, neurotypical Mexican participants performed the task. A 3 Tesla GE MR750 scanner with a 32-channel head coil was used. 36 slices acquired using a T2* weighted EPI sequence, TR of 2000 and TE of 40 ms, FOV 25.6, with a matrix of 64 x 64 and a 4-mm slice thickness. BOLD signal was examined during the presentation of the sentences, including a regressor for each emotional expression. Analysis was made using Feat in FSL (Smith, et al., 2004). The results of phase two suggested a link between demanding with anger face, and a sad face with the act of begging. Phase three indicated an association between demands with anger, begging with sadness, and happiness with assertions. Phase four showed that the sentences were categorized differently according to the facial emotional expressions that were presented. The neuroimaging data showed activation of regions involved in language, intentionality and face recognition during presentation of the statements. The results suggest that these areas could contribute to the contextual processing and different speech act categorization according to the emotional face presented

keywords: language, emotional expression, communicative intention, speech acts, fmri.

Índice general

Índice de figuras	XVI
Índice de tablas	XVIII
1. Introducción	1
2. Antecedentes	3
2.1. La intención comunicativa en el lenguaje	3
2.2. Actos de habla	4
2.2.1. Aspectos psicolingüísticos de los actos de habla	6
2.3. La expresión de las emociones en rostros	7
2.3.1. Efecto priming por la observación de rostros emocionales	9
2.4. La imagen por resonancia magnética funcional como herramienta en la investigación del lenguaje	10
2.4.1. Diseños experimentales en fmri	13
2.4.2. Correlatos neurales de la expresión emocional en rostros	14
2.4.3. Correlatos neurales del lenguaje	18
2.4.4. Correlatos neurales de la intención comunicativa	19
2.4.5. Correlatos neurales de los actos de habla	21
2.5. Estudios sobre la modulación de la intención comunicativa por medio de la expresión emocional en rostro	23
3. Justificación	26
4. Hipótesis	27
5. Objetivos	29
5.1. Objetivos generales	29
5.2. Objetivos particulares	29
6. Etapas de estudio	31
7. Etapa 1: selección de fotografías de rostros con expresiones de alegría, enojo y tristeza	32
7.1. Método	32
7.1.1. Sujetos	32
7.1.2. Material	32
7.1.3. Procedimiento	32
7.2. Resultados	33

8. Etapa 2: evaluación de la relación entre una expresión emocional y un acto de habla	39
8.1. Método	39
8.1.1. Sujetos	39
8.1.2. Materiales	39
8.1.3. Procedimiento	39
8.2. Resultados	40
9. Etapa 3: Verificación de la compatibilidad o incompatibilidad entre enunciados estructurados como exigencia, ruego o afirmación con rostros expresando enojo, tristeza o alegría.	42
9.1. Método	42
9.1.1. Sujetos	42
9.1.2. Materiales	42
9.1.3. Procedimiento	43
9.2. Resultados	44
10. Etapa 4: verificación de la modificación de la categorización de un enunciado como alguno de los actos de habla debida a la presentación previa o posterior de un rostro con distinta expresión emocional	46
10.1. Método	46
10.1.1. Sujetos	46
10.1.2. Materiales	46
10.1.3. Procedimiento	47
10.2. Resultados	48
11. Etapa 5: Activación neural relacionada con la interpretación de un enunciado previa presentación de un rostro con expresión emocional	51
11.1. Método	51
11.1.1. Sujetos	51
11.1.2. Materiales	51
11.1.3. Procedimiento	53
11.2. Resultados	56
11.2.1. Pruebas neuropsicológicas	56
11.2.2. Tarea de clasificación actos de habla	57
11.2.3. Tarea de clasificación de emociones	57
11.2.4. Análisis Estadístico de Imágenes de Resonancia Funcional	57
11.2.5. Análisis de conectividad funcional	65
11.2.6. Análisis de Regresión múltiple	65
12. Discusión	75
12.1. Tarea de categorización de actos de habla	75
12.2. Correlato neural de la categorización	76
12.3. Más allá de los núcleos primarios de procesamiento (lenguaje y rostros)	80
12.4. Cognición en la categorización de actos de habla	82

13. Conclusiones	85
A. Anexos	86
B. Estudio piloto de la interpretación del enunciado, anterior a la observación de un rostro con expresión emocional	92
B.0.1. Sujetos	92
B.0.2. Materiales	92
B.0.3. Procedimiento	92
B.0.4. Resultados	92
Bibliografía	94

Índice de figuras

7.1. Número de jueces que calificó cada emoción de acuerdo a la base MSFDE	34
7.2. Número de jueces que calificó cada emoción de acuerdo a la base CFEE	34
7.3. Número de jueces que calificó cada emoción de acuerdo a la base SEFEP	35
7.4. Número de jueces que calificó cada rostro como parte de su comunidad	35
7.5. Gráficas de promedios de respuestas correctas de emociones, diferencia en etnia y de sexo	36
7.6. Media de respuestas correctas de los participantes para cada una de las expresiones emocionales	38
8.1. Compatibilidad o incompatibilidad entre actos de habla con la expresión emocional en rostros	41
9.1. Ejemplo de evento del estudio de la etapa 3.	43
9.2. Compatibilidad o incompatibilidad entre actos de habla con la expresión emocional en rostros	45
10.1. Ejemplo de evento de la etapa 4.	48
10.2. Porcentaje (%) del promedio de expresividad de las emociones en los rostros de los actores que fueron presentados en la etapa 4.	49
10.3. Asociación entre categoría de acto de habla y emociones durante la etapa 4	50
11.1. Ejemplo de evento de la etapa 5.	53
11.2. Asociación entre actos de habla con las emociones en la tarea de clasificación de AH	58
11.3. Asociación entre actos de habla con las emociones en la tarea de clasificación de emociones	59
11.4. Mapa de activación de todo el cerebro de los participantes. Clústers significativos del contraste Al>Sr	60
11.5. Mapa de activación de todo el cerebro de los participantes. Clústers significativos del contraste En>Sr	61
11.6. Mapa de activación de todo el cerebro de los participantes. Clústers significativos del contraste Tr>Sr	61
11.7. Mapa de activación de todo el cerebro de los participantes. Clústers significativos del contraste Sr>AET	62
11.8. Mapas de activación de los contrastes para el enojo respecto a las emociones de alegría y tristeza, respectivamente	62
11.9. Mapas de activación de las condiciones de todos los rostros emociones (AET) respecto al difuminado (Sr) y viceversa	63

11.10	Mapas de activación de todas las condiciones (AETSr) durante la tarea de clasificación de actos de habla (Enunciados) respecto a la tarea de clasificación de emociones (Rostros)	64
11.11	Mapas de activación diferencial de todas las condiciones (AETSr) entre hombres y mujeres	64
11.12	Conectividad funcional durante la tarea de clasificación de actos de habla en los contrastes de alegría	66
11.13	Conectividad funcional durante la tarea de clasificación de actos de habla en los contrastes de Alegría, Tristeza y Difuminado	67
11.14	Torre de Londres y razonamiento perceptual como variables predictoras del cambio de señal BOLD	68
11.15	Go No Go, Digit span, Local Global y Torre de Londres como variables predictoras del cambio de señal BOLD	69
11.16	Angustia personal, escala de fantasía, RMET y torre de Londres como variables predictoras del cambio de señal BOLD en giro orbitofrontal	70
11.17	Preocupación empática, escala de fantasía, RMET, Razonamiento e inferencia de estado mental como variables predictoras del cambio de señal BOLD en el giro frontal medio izquierdo	71
11.18	Angustia personal, escala de fantasía, RMET y Torre de Londres como variables predictoras del cambio de señal BOLD en giro frontal medio izquierdo	74
A.1.	Diagrama de caja y bigote de la respuesta de compatible (1 y 2) o incompatible (3 y 4) de los participantes ante cada actor en las condiciones de Afirmación-Alegría, Exigencia-Enojo y Ruego-Tristeza.	87
A.2.	Mapa de activación de promedio de la Alegría en la tarea de clasificación de actos de habla, de todos los participantes.	87
A.3.	Mapa de activación de promedio de la Enojo en la tarea de clasificación de actos de habla, de todos los participantes.	88
A.4.	Mapa de activación de promedio de la Tristeza en la tarea de clasificación de actos de habla, de todos los participantes.	88
A.5.	Mapa de activación de promedio del rostro difuminado (Sr) en la tarea de clasificación de actos de habla, de todos los participantes	90
B.1.	Asociación entre categorías de emociones y acto de habla durante la etapa piloto inverso	93

Índice de tablas

11.1. Resultados de las pruebas psicométricas	56
11.2. Clústers significativos en el análisis de imagen del cerebro	72
11.3. Valores beta de los puntajes obtenidos de la regresión múltiple	73
A.1. Media y Desviación estándar de actos de habla y emociones	86
A.2. Frecuencias y porcentajes de respuesta a compatibilidad e incompatibilidad entre los actos de habla con las emociones	86
A.3. Clasificación de los verbos en las diferentes categorías de actos de habla (porcentajes) de la etapa 3.	89
A.4. Frecuencias y porcentajes de respuesta hacia una expresión emocional y actos de habla	90
A.5. Clasificación de los verbos en las diferentes categorías de actos de habla (porcentajes) de la etapa 4.	91

Capítulo 1

Introducción

El ser humano está inmerso en interacciones comunicativas gran parte de la vida, por lo que hace uso constante del lenguaje, a través del cual no sólo expresa significados literales, sino que produce enunciados contextuales que buscan generar acciones ([Escandell, 2006](#); [Reyes, 2007](#)).

En la comunicación, el emisor produce enunciados con cierta intencionalidad, para lograr transmitirlos exitosamente hace uso de diversos medios que considera idóneos, y a partir del contexto creado, un destinatario decodifica el mensaje y la intención comunicativa ([Escandell, 2006](#)). Es así, que el significado literal de los mensajes es un elemento primordial, pero no suficiente, también es necesario que el mensaje se emita con un marco de referencia, es decir, que posea información extra, generada por el contexto y el conocimiento previo, toda esta información recibida será la guía para la reconstrucción de la intención comunicativa por parte del destinatario ([Bosco et al., 2009](#)).

Una aproximación al estudio de la intención es a través de los actos de habla o actos del habla, debido a que el manejo del lenguaje involucra acciones que, a su vez, manifiestan intencionalidad ([Escandell, 2006](#); [Searle, 1976](#)). La comunicación está inmersa en un contexto, y dentro de los diversos elementos que la constituyen, uno que podría estar influyendo en el entendimiento de la intención es la expresión emocional en los rostros. Una evidencia indirecta es el hallazgo de que en algunas patologías como la esquizofrenia y el trastorno del espectro autista el reconocimiento de esta pista paralingüística no es adecuado ([Bara et al., 2011](#); [Harms et al., 2010](#); [Srinivasan et al., 2016](#); [Wang et al., 2007](#)).

A pesar de la influencia que se les otorga a los elementos paralingüísticos desde la pragmática, pocos estudios empíricos han evaluado la influencia de los rostros en el entendimiento de una intención, y menos todavía los que han buscado los correlatos neurales de este efecto paralingüístico. El presente estudio busca aportar al conocimiento de la influencia de la expresión emocional en rostros como pista contextual para el reconocimiento de una intención. Para lograr este objetivo se generaron enunciados que incluyen actos de habla directivos, específicamente de exigencia y ruego, además de oraciones afirmativas, para así determinar si es posible la modulación del reconocimiento de una intención al presentar un rostro con características emociona-

les de alegría, enojo y tristeza, previo a la lectura de una oración. Posteriormente se evaluó si esta modulación está acompañada por cambios en el patrón de activación de áreas cerebrales mediante un protocolo de neuroimagen funcional.

Capítulo 2

Antecedentes

2.1. La intención comunicativa en el lenguaje

Como ser social, el ser humano necesita comunicarse regularmente con sus con-específicos, esto lo logra sobre todo a través del uso del lenguaje simbólico. Hoy sabemos que el lenguaje es más que la decodificación de significados y que incluye procesos inferenciales, es decir que la semántica y la pragmática trabajan juntas. La pragmática es el estudio del significado de lo que el hablante dice, del significado del contexto, de cómo se comunica más de lo que se dice y de la expresión de la distancia relativa, en términos de experiencia compartida (Yule, 2013). Por una parte, el hablante tiene la capacidad de cambiar el lenguaje que usa dependiendo de los contextos en donde se desenvuelve, lo puede usar descuidada, dificultosa, placentera y artísticamente. Por otra parte, el oyente necesita descifrar lo que el hablante le dice, y sobre todo reconocer la intención con la que se lo dice para que la comunicación sea exitosa (Bara et al., 2011); y es la pragmática, la encargada del estudio de estas interacciones comunicativas que involucran representaciones mentales con objetivos precisos (Reyes, 2007; Walter et al., 2004).

Las palabras son guías imprecisas para la transmisión de la información, a través de ellas el interlocutor busca generar ciertas imágenes mentales y si se consigue provocarlas en el destinatario, se establece la comunicación (Reyes, 2007). El interlocutor es quien se comunica, no los mensajes, y es el destinatario quien recibe el significado del enunciado, cuya decodificación conlleva la separación de la parte explícita y la implícita, esto es, realiza inferencias sobre el mensaje y su intención comunicativa (Escandell, 2006; Reyes, 2007). Entonces, la intención es definida como el motivo para realizar una acción con objeto de producir un efecto (Catmur, 2015). Por lo tanto, el significado intencional, junto con los principios de cooperación, permiten la transferencia exitosa de significados en la comunicación. Además, es importante considerar las circunstancias en que se producen las palabras, es decir, quién las usa, cuándo y con qué intención (Reyes, 2007). Las variaciones en la interpretación de los mensajes estarán dadas por las condiciones en que ocurren puesto que la comunicación consiste en el reconocimiento de la intención y no sólo del significado literal (Reyes, 2007).

La comunicación al ser una acción social afecta y modifica los estados mentales, y la intención comunicativa representa el estado mental primario involucrado en las acciones comunicativas de otros (Bara et al., 2016). Por ende, un acto de comunicación consiste en un enunciado que hace manifiesta una intención comunicativa y variará dependiendo del efecto que el hablante quiera producir, estableciéndose la comunicación cuando dicha intención sea reconocida por el oyente. Por lo tanto, se puede hablar de que la intención proporciona a los destinatarios un reconocimiento de las acciones generadas por el emisor e incluyen el propósito de producir una respuesta determinada (Recanati, 1986).

2.2. Actos de habla

El comportamiento social humano está repleto de significados, y dentro de este, el lenguaje es una herramienta que se ve involucrada en gran parte de esta interacción social cotidiana (Holtgraves, 2008a). Con el lenguaje se describe el mundo, pero también es posible manipularlo para realizar acciones, lo que hacemos con las palabras determina su sentido, esto es, el habla involucra conducta o actos que se ven gobernados por reglas, y este manejo de las palabras ha sido denominado como actos de habla (Escandell, 2006; Reyes, 2007).

Los actos de habla son la unidad mínima de la comunicación lingüística e involucra lo que dice un emisor y lo que provoca o logra con ello, es decir, una acción destinada a modificar la situación de los interlocutores y que sólo puede ser interpretada si se conoce la intención comunicativa (Escandell, 2006; Moya, 2009). Existen dos grandes categorías de actos de habla. Por un lado, están los directos, los cuales son enunciados con un significado que es consistente con la intención del emisor. Por otra parte, en los indirectos no existe vinculación entre el significado de la oración y la intención del emisor (Holtgraves, 1986). La intención juega un rol muy importante en los actos de habla, puesto que debe interpretarse por parte del destinatario a través del conocimiento del contexto y del conocimiento particular para poder ser entendida, siendo pocos los actos de habla que involucran intencionalidad literal por lo cual, se habla del gran papel del contexto al de las reglas (Reyes, 2007).

El estudio de este concepto comenzó con John L. Austin en 1962, quien analizó los usos del lenguaje corriente, estableciendo las bases de la teoría de los actos de habla, dividiendo a los enunciados en dos tipos: los asertivos o constatativos y los performativos o realizativos. El primero se caracteriza por asignaciones de verdad o falsedad que describen estados de cosas y el segundo, a los que se asignan condiciones

de felicidad, siendo oraciones declarativas, que no pueden ser ciertas o falsas sino adecuadas o inadecuadas (Escandell, 2006; Reyes, 2007).

Más tarde, Austin perfecciona esta idea sobre los enunciados, dado que no se ajustaba a la diversidad de enunciados y elabora una tricotomía de actos para estudiar las relaciones entre el significado, la intención y la acción resultante. El primero, el acto locutivo, es una expresión con un significado, la realización, por sí misma, del habla, que comprende a su vez, a los actos fónicos, fáticos y réticos. El segundo, el acto ilocutivo, es lo que se realiza al decir algo e incluye la intención del hablante. El último, el acto perlocutivo es el efecto que se produce por haber dicho algo, la acción resultante (Escandell, 2006; Soler and Flecha, 2010).

Posteriormente, John Searle observa ciertas deficiencias en la teoría de Austin, por lo cual propone que todos los actos son ilocucionarios al mantener siempre, una intención, proponiendo un nuevo marco conceptual y clasificación de los actos de habla, distinguiendo entre contenido proposicional y fuerza ilocutiva. Searle además describe doce dimensiones que reflejan diferencias entre actos ilocutivos. De todas ellas, destacó las diferencias en el propósito ilocutivo, donde la dirección de ajuste viene determinado por la fuerza ilocutiva hacia donde va dirigida, por ejemplo el objetivo de toda orden es un intento de hacer que el oyente haga algo, es decir que el propósito de los actos es hacer que las palabras coincidan con el mundo y viceversa, y las diferencias en el estado psicológico expresado, es decir que los emisores expresan una creencia, deseo, intención, placer o arrepentimiento al realizar un acto de habla, aun cuando pueda no ser sincero (Searle, 1976; Soler and Flecha, 2010).

A partir de estas tres dimensiones Searle (1976) desarrolló una nueva clasificación de actos de habla:

- Representativos: el propósito de estos actos es comprometerse o a la verdad de la proposición de la verdad expresada, su dirección de ajuste es de las palabras al mundo y el estado psicológico es la creencia.
- Directivos: el punto ilocutivo es conseguir que el oyente haga algo, su dirección de ajuste es del mundo a las palabras y el contenido proposicional va hacia que el oyente realice una acción futura. Algunos verbos que entran en esta clase son la pregunta, ordenar, mandar, solicitar, rogar, implorar, suplicar, invitar, permitir y aconsejar.
- Comisivos o compromisivos: el hablante se compromete para una acción futura. La dirección de ajuste es del mundo a las palabras y el contenido proposicional es que el hablante haga una acción futura.

- **Expresivos:** el punto ilocutivo es expresar el estado psicológico sobre un asunto específico, esta clase no posee dirección de ajuste. Presupone la verdad de la proposición expresada. Verbos que entran en esta clase son agradecer, felicitar, disculpar e implorar.
- **Declarativos:** mantiene una correspondencia entre el contenido proposicional y la realidad, en la que el éxito de ella garantiza que el contenido proposicional corresponda al mundo, requiriendo además ciertos componentes extralingüísticos.

Los actos ilocutivos capturan la naturaleza de la intención de quién produce un enunciado siendo su reconocimiento esencial para el establecimiento de la comunicación, puesto que la comprensión del lenguaje implica el reconocimiento de los objetivos del emisor y el camino a la realización de ellos ([Holtgraves, 2008b](#)).

2.2.1. Aspectos psicolingüísticos de los actos de habla

En las intenciones comunicativas de los actos lingüísticos se requiere procesamiento e inferencia por parte del escucha ([Panther and Thornburg, 1998](#)). Distintos elementos intervienen en la comprensión pragmática de los enunciados, según [Van Dijk \(1977\)](#) ellas son: a) propiedades de la estructura del enunciado basado en las reglas gramaticales, b) las propiedades para-lingüísticas como la velocidad, entonación, expresión facial, gestos, entre otros, c) percepción del contexto comunicativo como las propiedades de los objetos y otras personas, d) conocimientos y creencias previas del hablante, e) conocimiento con respecto a la interacción, f) conocimiento de actos de habla y del discurso previos, g) semántica general, y h) conocimiento general del mundo.

El entendimiento de un acto de habla, por parte del receptor, va en coherencia con el desarrollo de sus constituyentes, es decir, el incremento de la capacidad del receptor de procesar las propiedades de estructura y contexto necesarias para su comprensión. Es así, que mientras mayores conocimientos semánticos, mantenimiento de la información e integración y capacidad pragmática tenga una persona, logrará un mejor entendimiento de la intención comunicativa. Por lo cual, si se ve comprometida alguna de ellas, aparecen déficits pragmáticos ([Dennis and Barnes, 2000](#)).

Uno de los aspectos más relevantes para la comprensión de un acto de habla es el análisis contextual. El procesamiento y comprensión de los actos de habla están relacionados con una estructura jerárquica y de relación social, además toman en

cuenta un conjunto estructural interno como las creencias, deseos, actitudes, emociones y sentimientos, para así determinar el acto de habla al que se hace referencia (Van Dijk, 1977).

2.3. La expresión de las emociones en rostros

Como se ha mencionado, el contexto social representa un marco de referencia indispensable para el reconocimiento de las intenciones. Uno de los elementos del contexto social es el reconocimiento de los estados mentales, en particular los estados emocionales de los hablantes. La emoción se ha descrito como un proceso con múltiples aspectos integrativos, en el que prevalece una experiencia subjetiva de orden afectivo que surge por diversos estímulos (Díaz, 1990).

Se ha clasificado a las emociones en primarias y secundarias (Damasio, 1999), las primeras catalogadas con respaldo en el estudio de las expresiones faciales en humanos (Díaz and Flores, 2001). Ekman and Cordaro (2011) describen las siete emociones básicas o primarias como correspondientes a la ira, descrita como la respuesta por la interferencia de una meta o como respuesta a un intento de daño; miedo, como respuesta a una amenaza de daño; sorpresa, respuesta a un evento inesperado repentino; tristeza, respuesta a la pérdida de un objeto o persona con la que hay un vínculo; asco, repulsión por algo; desprecio, sentirse moralmente superior a otra persona; y felicidad, sentimientos agradables que son buscados por la persona. Asimismo, las emociones tienen polaridad, cada una de ellas entra en la categoría de valencia positiva o agradables, y categoría de negativas o desagradables, refiriéndose, en algunos casos, al carácter de la experiencia recibida y transmitida, siendo este, por sus aspectos representativos, un modo importante para categorizarlas (Colombetti, 2005; Díaz and Flores, 2001).

Entonces, la expresión de la emoción está dada por una serie de elementos tanto psicológicos como de expresión motora general, donde predomina el rostro como indicador emocional, e incluso puede funcionar de manera inversa, esto es, una emoción se verá expresada en el rostro, pero también la expresión facial de emociones puede hacer sentir dicha emoción, funcionando como un servomecanismo homeostático y homeorrético (Díaz, 1990). Los movimientos de músculos específicos en el rostro al experimentar una de las emociones básicas han tenido una amplia validación, constituyéndolas como universales (Díaz and Flores, 2001; Ekman, 1970; Izard, 1992). Sin embargo, a pesar de que las emociones son universales, existen ciertos sesgos en el reconocimiento de las mismas, relacionados con modos de enseñanza en el manejo de las emociones según la cultura (Anguas-Wong and Matsumoto, 2007).

Es posible percibir la emoción a través de diferentes modalidades, entre ellas se encuentran el habla, los gestos, el texto y la expresión facial (Perikos and Hatzilygeroudis, 2013). Calder and Young (2005) han descrito que la expresión facial como vehículo de la emoción, es el estímulo más importante para las interacciones sociales que además conlleva características sociales importantes como la identidad, edad, sexo, expresión y mirada. Es así que, el reconocimiento de la expresión facial se distingue del de otros objetos pues incluye sistemas de codificación distintos. Según Posamentier and Abdi (2003) al ver un rostro se inferen dos tipos de información de manera fácil y rápida: la identificación del rostro tomando en cuenta sus características únicas y la interpretación de la expresión facial emocional. Incluso se ha sugerido que, dependiendo de la emoción observada en el rostro, puede haber una mejora en la extracción de información contextual, por ejemplo, la identidad personal, biográfica, percepción del habla y entendimiento semántico.

La expresión emocional observada en los rostros involucra un conglomerado de procesos que desencadenan otros en el observador. Algunos de los estímulos percibidos por el observador son seleccionados hacia rutas conscientes o inconscientes. En pacientes con patologías como la prosopagnosia, la cual consiste en la incapacidad de reconocer rostros, se ha encontrado una respuesta emocional por parte de los individuos a los rostros conocidos. Al contrario, se han reportado fallas en el reconocimiento emocional en pacientes con síndrome de Capgras, los pacientes con este síndrome pueden reconocer el rostro, pero la emoción vinculada a ellos no llega a la consciencia. Con base en estos y otros hallazgos se ha propuesto que la observación de rostros produce una respuesta emocional, estrechamente ligada incluso con la percepción consciente de la familiaridad (Frith, 2009).

El vínculo entre la identificación de las intenciones y la lectura de las expresiones faciales tiene un carácter evolutivo, debido a la necesidad de entender los motivos de los otros para el mantenimiento de la especie. Debido a esto, se ha descrito que los gestos faciales podrían indicar la intención a comunicar, actuando como transmisores de información pública, funcionando como una señal inadvertida producida por el comportamiento de un animal, que es utilizado por el observador, por ejemplo, la observación de un rostro de miedo puede alertar sobre un peligro cercano (Frith, 2009). En este sentido, la rápida detección de los estados mentales por medio de las expresiones faciales fue necesaria como ventaja adaptativa (Rellecke et al., 2012).

Entonces, las pistas contextuales que se encuentran en los rostros tienen efectos en la percepción y por ende en la interacción social, por lo que, las evaluaciones sociales surgen de características dinámicas percibidas en los rostros (Hehman et al., 2015).

2.3.1. Efecto priming por la observación de rostros emocionales

Un aspecto que ha llamado la atención en el estudio del reconocimiento de rostros es el efecto de facilitación o priming, donde las características de palabras, objetos y rostros son detectadas rápidamente, permitiendo la asociación de ellas con un estímulo posterior.

El priming es descrito como un efecto inconsciente de facilitación o cambio en la habilidad de identificación y procesamiento de un estímulo debido a un estímulo anterior, siendo el mismo o uno relacionado, que permite la identificación de palabras y objetos, y se considera evidencia de la representación perceptual (Tulving and Schacter, 1990; Tulving et al., 1982). En este documento se utilizará la palabra priming en inglés pues la traducción al español, que sería facilitación puede confundirse con otro fenómeno asociado con la fisiología del sistema nervioso.

Para su estudio se ha separado en varios tipos, con dos grandes vertientes, priming perceptual y conceptual, el primero no depende de una codificación semántica, contrario al conceptual, donde se requiere dicha codificación (Schacter and Buckner, 1998). Cada uno de ellos es sensible a las propiedades físicas y estructurales del estímulo, que se almacenan en sistemas de memoria cortical y están sujetos a restricciones por la tarea e información proporcionadas (Ochsner et al., 1994).

Un experimento típico de priming consta de dos etapas, el primero consta de la presentación de un estímulo objetivo en alguna modalidad sensorial y con elementos específicos, es decir, palabras, objetos, rostros, entre otros. Después de un intervalo, que puede ir de segundos a meses, se presenta otro estímulo que brinda información perceptual reducida sobre el primer estímulo. De esta manera se genera una facilitación en el nombramiento, reconocimiento y categorización del segundo estímulo, con una respuesta más rápida por la asociación entre ambos (Tulving and Schacter, 1990).

Entonces, el efecto priming se observa en una variedad de estímulos, como la observación de rostros, en donde se ha descrito que un estímulo inicial con contenido emocional afecta la evaluación emocional subsecuente dependiendo del grado de alertamiento y de experiencia con el estímulo (Lohse and Overgaard, 2018). Entonces, el efecto priming se observa en una variedad de estímulos, como la observación de rostros, en donde se ha descrito que un estímulo inicial con contenido emocional afecta la evaluación emocional subsecuente dependiendo del grado de alertamiento y de experiencia con el estímulo (Lohse and Overgaard, 2018).

Por otra parte, uno de los interrogantes comunes es sobre los aspectos temporales de los estímulos y los intervalos entre ellos que permiten observar este efecto. En este sentido, [Hermans et al. \(2001\)](#) realizaron experimentos donde variaban el tiempo de duración del estímulo y del intervalo inter-estímulo, en tareas de evaluación de decisión afectiva. Estos autores encontraron que una duración total de 150ms, produce activación cortical, al igual que una duración de 300ms, siendo suficiente para realizar una evaluación, a este efecto donde se produce una evaluación emotiva se le denomina como priming afectivo, siendo un proceso de acción rápida. Por ello, se dice que esta evaluación afectiva sucede de manera casi automática, observándose su acción tanto en condiciones de laboratorio como en la vida diaria ([Hermans et al., 2001](#); [Tulving and Schacter, 1990](#)).

2.4. La imagen por resonancia magnética funcional como herramienta en la investigación del lenguaje

La investigación del funcionamiento cerebral por medio de técnicas y herramientas de neuroimagen ha permitido conocer las regiones encefálicas involucradas, y que interactúan entre sí, durante la realización de tareas cognitivas concretas, siendo la resonancia magnética, por su carácter no invasivo y de alta resolución espacial, una de las técnicas con mayor relevancia en el campo de la investigación, utilizada para una variedad de aplicaciones ([Price et al., 2002](#); [Vendrell et al., 1995](#)).

La historia del desarrollo de esta herramienta involucra aportaciones de distintas áreas que llevaron paulatinamente a su creación, comenzando con la explicación de la relación entre electricidad y magnetismo por Christian Oersted en 1820, y continuando con la descripción de los principios físicos y matemáticos de la transferencia de calor y la demostración de una función diferencial como expansión de una serie trigonométrica dada por Joseph Fourier. Más tarde, las aportaciones de Andre Ampère, Michael Faraday, Benjamín Franklin, Charles Coulomb, Alessandro Volta, Luigi Galvani, Georg Ohm, Gustav Kirchhoff y James Maxwell fortalecieron y consolidaron las teorías sobre el electromagnetismo, contribuyendo al desarrollo y aplicación de la tecnología. En el campo de la física, los estudios del núcleo y el espín del electrón de Wolfgang Pauli, y las contribuciones de Niels Bohr, Max Plank y Albert Einstein, llevaron a Cornelius Gorter y a Isidor Rabi a desarrollar un método de medición del momento nuclear al que denominaron espectroscopía por

radiofrecuencia, un principio básico del funcionamiento de la resonancia magnética. Posteriormente Erwin Hahn, con la idea del método de inducción nuclear de Félix Bloch y Edward Purcell, produjo excitaciones en tejido mediante pulsos de radiofrecuencia para inducir una señal conocida como inducción de decaimiento libre o “free induction decay”. De igual manera, Richard Ernst contribuyó al avance de la espectroscopía por resonancia magnética, al destacar el trabajo de Fourier y sentando las bases de esta técnica. La utilización formal de esta técnica comenzó con Raymond Damadian en 1971, en el campo clínico con la detección de tumores, pero fue con los aportes de Paul Lauterbur en 1973 sobre la codificación de señales mediante gradientes magnéticos y de Peter Mansfield sobre el análisis de señales para proveer información espacial, que la resonancia magnética se consolidó como herramienta de imagen en la práctica médica y en la investigación (Canals, 2008). El principio del funcionamiento de la resonancia magnética se basa en la estimulación del paciente y la radiación electromagnética emitida del cuerpo, la cual es detectada, interpretada y usada para producir la imagen (Carlyle and Clarke, 2015).

Los átomos en su núcleo están conformados por neutrones y protones, lo que les otorga características como masa, carga eléctrica y momento angular intrínseco o espín en el caso de núcleos con número impar de neutrones o protones, brindándoles propiedades magnéticas. Bajo circunstancias normales, los espines de un protón, como el hidrógeno, están distribuidos aleatoriamente, sin embargo, frente a la interacción con un campo magnético fuerte se alinean en la dirección del campo, dejando un ligero exceso de espines en una alineación paralela al campo, puesto que requieren menos energía. No obstante, con la energía adecuada, un espín alineado de manera paralela puede pasar a una alineación antiparalela. Un resonador magnético genera la energía necesaria por medio de pulsos de radiofrecuencia, también llamados gradientes para que esto ocurra, observándose una inversión de los espines en 90 grados (Armony et al., 2012).

La finalidad de la resonancia magnética es la generación de una imagen anatómica, pero para llevarla a cabo es necesario comparar la intensidad de señal entre dos muestras, es decir, producir un contraste. Para ello, existen dos formas principales: la primera se denomina imagen potenciada a T1 la cual toma en cuenta la relajación longitudinal. En este caso una vez apagado el pulso, los espines se relajan a su estado original paralelo al campo externo, variando en su relajación dependiendo de la composición del tejido. La relajación de los espines toma un tiempo específico, denominado relajación longitudinal, que está vinculado a una constante de tiempo T1 y que permite identificar la constitución del medio, en esta imagen los fluidos son muy oscuros, y los tejidos con agua, materia gris y tejidos grasos se verán bri-

llantes. La segunda forma es la imagen potenciada a T2 basada en la relajación transversal. Puesto que los espíns no se alinean perfectamente en la dirección del campo magnético externo y precesan a la frecuencia de Larmor, tienen un momento magnético transversal nulo que, se invierte al aplicar un pulso, provocando que su rotación transversal entre en fase. Una vez apagado el pulso, los espíns pierden su coherencia, desapareciendo el momento magnético transversal, a lo que se le conoce como relajación transversal. La pérdida de coherencia o desfase es causada por las inhomogeneidades en el tejido y/o la influencia de protones vecinos, de manera que si el desfase es debido a las interacciones espín-espín entre vecinos se produce una relajación transversal T2, pero si aunado a las interacciones, existe inhomogeneidad del campo magnético se habla de T2*, obteniendo la señal a través de la relajación y la aplicación de pulsos de 90° iniciales y de 180°. En este tipo de contraste, los fluidos serán observados de manera brillante, mientras que el tejido se verá oscuro (Armony et al., 2012; McRobbie et al., 2006; Oleaga and Lafuente, 2006).

Una vez obtenido el contraste, es necesario codificar la señal recibida mediante frecuencia y fase, a partir de la excitación selectiva de una región específica en el tejido generado por los gradientes, para, así, reconstruir la imagen. Para llevar a cabo todo el proceso, es necesario inducir señales eléctricas o ecos para individualizar la señal de cada región tridimensional de interés o vóxel, y al obtener multitud de ecos, se realiza un proceso matemático que permitirá identificar la señal de cada vóxel, asignándole un valor para construir la imagen. Toda esta información es almacenada en el denominado espacio k, y a partir de ella se reconstruye la señal utilizando la transformada de Fourier, obteniéndose finalmente una imagen (McRobbie et al., 2006; Oleaga and Lafuente, 2006).

Del estudio de la imagen por resonancia magnética convencional surgió el interés por la medición de la actividad cerebral, buscando relacionar el funcionamiento cerebral a nivel anatómico con la cognición y la conducta a través del acoplamiento neurovascular ante una demanda funcional. La idea de la obtención de datos y medidas por medio del flujo sanguíneo comenzó hace más de 100 años con diversos principios fisiológicos, sin embargo, el desarrollo de la resonancia magnética funcional comenzó a partir de 1940 con la idea de la pérdida de señal por la difusión del protón en presencia de un campo magnético, perfeccionándose con la aportación de diversos estudios que establecieron que los cambios en sangre resultaban del paramagnetismo de la desoxihemoglobina en ella (Price et al., 2002). Pero no fue sino hasta 1990 cuando el método llegó a perfeccionarse junto con los avances tecnológicos en hardware, software, y el entendimiento de los mecanismos de los cambios de contraste con la oxigenación sanguínea, estableciéndose la resonancia magnética

funcional (Price et al., 2002; Vendrell et al., 1995).

Como se ha mencionado, el mapeo cerebral de manera funcional toma como fundamento la señal indirecta de la actividad neuronal y glial a través de los cambios en el flujo sanguíneo, volumen y oxigenación en las áreas cerebrales, en respuesta a algún proceso mental. Las neuronas involucradas necesitan una cantidad mayor glucosa y oxígeno del torrente sanguíneo, es así que hay incremento gradual de sangre oxigenada hacia la región activa, que resulta en una disminución de la concentración de desoxihemoglobina (sangre sin oxígeno) en la microvasculatura que rodea la región activa (Armony et al., 2012; Soares et al., 2016). Las condiciones varían dependiendo del estado de oxigenación de la sangre, por un lado, es diamagnética cuando la repulsión es débil frente a un campo magnético, mientras que la paramagnética presenta una atracción hacia el campo magnético. Entonces, se puede realizar una comparación de una región bajo dos condiciones mediante un contraste dependiente del nivel de oxigenación de la sangre (Blood Oxygen Level Dependent, BOLD por sus siglas en inglés), una de reposo y otra activa, donde la variación dependerá del nivel de oxigenación sanguínea y la comparación de la señal depende del tiempo de relajación T2*. El resultado de la diferencia brinda información indirecta del grado de actividad neuronal (Armony et al., 2012). A estas técnicas se les conoce con el nombre general de resonancia magnética funcional o fMRI por sus siglas en inglés.

2.4.1. Diseños experimentales en fmri

El estudio de las funciones cerebrales y cognitivas con el apoyo de esta técnica ha llevado a grandes avances. Sin embargo, dicho desarrollo depende de las técnicas y métodos utilizados para el estudio, es decir, de los diseños experimentales.

La variedad de paradigmas en fMRI depende de la pregunta de investigación, la estrategia de comparación entre condiciones va en relación con la carga cognitiva de la tarea. De igual manera los modos de presentación de los estímulos determinan la respuesta de activación neural. En la mayor parte de los estudios con esta técnica se utilizan tres tipos de diseños relacionados a la secuencia de presentación. El diseño más frecuente históricamente, consiste en la presentación de estímulos organizados en bloques, alternando los bloques según el proceso cognitivo de interés y haciendo comparaciones entre los tipos de bloques. Este diseño tiene varias ventajas como una mayor eficiencia para mantener una adecuada proporción de señal-ruido y la detección adecuada de las regiones de interés para tareas particulares. Sin embargo, no puede distinguir entre subtipos de tarea en un bloque y el promedio de los resultados en un bloque puede cancelar el efecto de la complejidad y magnitud de la

respuesta neural ([Amaro and Barker, 2006](#); [Petersen and Dubis, 2012](#)).

Otro tipo de diseño es el relacionado a eventos, que se usa en estudios relacionados a cognición y resolución de tareas que pueden llegar a ser predecibles. En comparación con el diseño en bloques, estos diseños tienen la habilidad de detectar las variaciones en la respuesta hemodinámica, en donde los estímulos de cada condición aparecen de manera intercalada con una duración específica. Tienen otras ventajas como la disminución de la predictibilidad de la tarea, el análisis de la respuesta individual de los ensayos y la aleatorización. Tienen algunos inconvenientes como la disminución de la proporción señal-ruido, dificultad en la precisión de las respuestas relacionadas a eventos y un menor poder estadístico ([Amaro and Barker, 2006](#); [Dale, 1999](#)).

Los diseños mixtos consisten en la combinación de los dos anteriores, para así proveer información sobre la actividad neural mantenida y transitoria, cuyas ventajas son la identificación de actividad a lo largo del tiempo de múltiples procesos en las regiones de interés, no obstante tienen algunas limitaciones como la sensibilidad, menor poder y atribuciones erróneas de señal BOLD en áreas no implicadas en la tarea realizada, debida también a malos diseños ([Amaro and Barker, 2006](#); [Petersen and Dubis, 2012](#)).

Un problema recurrente de los estudios de fMRI es el poder estadístico y la posibilidad de generalizar los resultados, así como el desarrollo de diseños óptimos para la evaluación de los procesos cognitivos de interés ([Gilmore et al., 2017](#)). Por ello, diversos investigadores han propuesto aproximaciones para el mejoramiento de los estudios, desde diseños aleatorizados, control de los intervalos entre estímulos, el uso de una cruz de fijación como evento nulo, criterios multi-objetivos, algoritmos basados en un marco matemático y aquellos que toman en cuenta suposiciones y restricciones, y la respuesta hemodinámica ([Liu, 2012](#)). Otras propuestas más recientes tienen como objetivo la disminución de la varianza promedio y generalizada, en la estimación de los contrastes de la respuesta hemodinámica ([Cheng et al., 2017](#)).

2.4.2. Correlatos neurales de la expresión emocional en rostros

Desde el surgimiento de las técnicas de neuroimagen, como la tomografía por emisión de positrones (TEP) y la resonancia magnética funcional (fMRI), se han buscado las bases neurales del procesamiento de rostros. Conforme fueron evolucionando y se fueron perfeccionando las técnicas ([Kanwisher, 2017](#); [Posamentier and Abdi, 2003](#)), se hizo posible observar la variación en la activación neural frente a

rostros y otros objetos, específicamente en regiones de la corteza ventral y occitotemporal (Haxby et al., 1991). Otros estudios determinaron la participación del giro fusiforme medial y giro temporal inferior (Puce et al., 1995) y la particular sensibilidad del giro fusiforme a este tipo de estímulos (Haxby et al., 1994; Sergent et al., 1992).

Desde la descripción de Haxby et al. (1991), diversos estudios continuaron con la investigación de las activaciones cerebrales relacionadas a la observación de rostros. Sergent et al. (1992) presentaron una comparación entre la actividad producida por la observación de objetos versus rostros usando PET. Estos autores reportaron que la corteza occipito-temporal izquierda es un área involucrada en el procesamiento de objetos, y la corteza extraestriada derecha, giro fusiforme, corteza temporal anterior en ambos hemisferios y giro parahipocampal derecho están involucradas en el procesamiento de rostros. De igual manera, Haxby et al. (1994) continuaron sus investigaciones y encontraron activación del giro fusiforme en corteza occipital (OFA) y giro frontal inferior en área prefrontal derecha en tareas donde comparaban expresiones rostros. Más tarde, la investigación de (Kanwisher et al., 1997) usando fMRI y comparando la observación de rostros contra objetos, mostraron que el giro fusiforme es selectivamente activado por rostros en comparación con objetos y que dentro de él existe un área mayormente especializada en el procesamiento de rostros a la que denominaron “Área Fusiforme de Rostros” (FFA, por sus siglas en inglés).

La identificación de un área especializada en la observación de rostros llevó a la interrogación sobre los elementos observados en los mismos, es decir, al reconocimiento de las acciones faciales y la posible diferenciación anatómica. Por un lado, Phillips et al. (1998) mediante un estudio con fMRI, buscaron las regiones cerebrales implicadas en el reconocimiento de rostros familiares y la percepción de la emoción expresada por los rostros. En el primer caso se encontró un incremento de señal BOLD en la corteza prefrontal dorsomedial y medial izquierda, y en relación con la comparación entre la expresión facial de una emoción contra una neutra, estos autores encontraron que durante la observación de expresiones de felicidad las áreas con mayor señal fueron el giro cingulado anterior y posterior, corteza frontal medial, putamen y giro supramarginal.

Posteriormente, Kesler-West et al. (2001) buscaron los correlatos neurales asociados a la tristeza, miedo, alegría, enojo en comparación con una expresión neutra, bajo la hipótesis de que cada una de las emociones básicas representaría una activación en un área distinta. Los resultados del estudio sugirieron que durante la presentación de rostros emocionalmente neutros existe una activación en el giro fu-

siforme, giro occipital inferior derecho, surco temporal superior derecho, giro frontal inferior y amígdala. En contraste con los estímulos neutros, las caras con expresión de enojo generaron una activación mayor en el giro fusiforme de ambos hemisferios, giro frontal inferior izquierdo, giro occipital lateral derecho, surco precentral izquierdo y la región medial del giro frontal superior. De igual manera, se presentó activación en el giro frontal inferior izquierdo para el caso del miedo. Por su parte, los rostros tristes resultaron en activaciones en el giro fusiforme izquierdo, mientras que para los felices se observó activación en la corteza frontal medial. Estos autores también describen la estrecha vinculación entre las áreas fusiformes de observación de rostros, con aquellas relacionadas con el reconocimiento de emociones, y entre ciertas regiones que se han asociado con el reconocimiento de emociones específicas, por ejemplo, describen que hay una estrecha interacción del giro frontal inferior con la amígdala, involucrada mayormente en la observación del miedo.

Un poco más recientemente, en un meta-análisis de estudios de rostros que expresan emociones, [Fusar-Poli et al. \(2009\)](#), encontraron activaciones en áreas similares a las de [Kesler-West et al. \(2001\)](#). Estos autores revisaron en 105 investigaciones con fMRI la activación cerebral durante la observación de las emociones básicas de Ekman, encontrando un procesamiento asociado con áreas visuales, límbicas, temporales, temporoparietales, prefrontales, subcorticales y el cerebelo. Destacan el papel de la amígdala y la corteza orbitofrontal, como regiones en las que las representaciones perceptuales de los rostros se vinculan con la generación de la emoción observada. La amígdala se activa de manera diferencial de acuerdo con el tipo de emoción, mientras que para la alegría se observa una activación hemisférica bilateral, para los rostros tristes se observa una lateralización derecha, y para el caso del enojo la activación de la amígdala no está presente. Por otra parte, se encuentra que la ínsula responde preferencialmente ante los rostros de enojo y asco. Debido a ello, se discute que estos resultados podrían estar vinculados a la modalidad emotiva, es decir, que las áreas límbicas como la amígdala y el hipocampo están ligadas con la respuesta emocional exteroceptiva, mientras que la corteza insular se relaciona con la información de estímulos con carga potencial de distrés interoceptivo y de sensación corporal. Es así que, con base en estos estudios se describe que en la observación de rostros está implicada una multiplicidad de regiones cerebrales asociadas a particularidades tanto del rostro, como de la emoción y contexto social.

De igual manera, [Srinivasan et al. \(2016\)](#) en su estudio de las particularidades de los rostros como reflejos de la expresión de acciones e intenciones, conceptualizan los movimientos articulatorios de la cara, denominados acciones unitarias, como elementos que subyacen a la interpretación de los rostros y que llevan a la categorización

de emociones. Tomando como base este marco conceptual, estos autores analizaron por medio de fMRI las regiones cerebrales implicadas en el reconocimiento de las pistas faciales presentes en rostros que expresaban alguna emoción, encontrando un papel importante del surco temporal superior posterior en la decodificación y reconocimiento de las acciones unitarias que constituyen, por ejemplo, una expresión emocional.

De igual manera, en otros estudios se ha encontrado que regiones como la amígdala, además del giro fusiforme y el surco temporal superior, son áreas involucradas en el reconocimiento emocional de rostros. Se ha observado también que en ciertas psicopatologías como en el autismo dichas regiones presentan una menor activación ante rostros con expresiones emocionales (Harms et al., 2010).

Entonces, las investigaciones con fMRI, aunadas al uso del electroencefalograma han permitido describir el papel de diversas estructuras implicadas en la observación de rostros. Por un lado, en la decodificación de las características primarias que componen un rostro, como se ha mencionado, están implicados el giro fusiforme medio lateral (FFA), el giro inferior occipital (OFA) y el surco temporal superior posterior (pSTS), este último es descrito como el encargado del monitoreo de cambios dinámicos en los rostros. Además de estas áreas, existen otras regiones reclutadas frente a diversos elementos más allá de la apariencia del rostro. Entre ellas encontramos a la amígdala, ínsula y otras regiones límbicas relacionadas a la emoción del rostro. El giro frontal inferior parece estar involucrado en la memoria semántica de los rostros y el precúneo, corteza cingulada posterior, el lóbulo temporal medial implicadas en la evocación episódica de la memoria. Estas estructuras de reconocimiento primario y las regiones extendidas funcionan por contexto, es decir, dependiendo de las características del estímulo se van reclutando, por ejemplo, ver un rostro con características emotivas genera además de la activación de las regiones fusiformes, también la de áreas límbicas como la amígdala e ínsula que están anatómica y funcionalmente conectadas (Ghaziri et al., 2018; Haist and Anzures, 2017).

Estos hallazgos han llevado a presuponer una vinculación estrecha entre estas áreas cerebrales y la falta de reconocimiento de acciones faciales e intenciones de otras personas, por ejemplo, en las personas con autismo, lo que podría explicarse por una falla en la decodificación de los movimientos del rostro que expresan una emoción básica, por ejemplo, en la alegría (Srinivasan et al., 2016).

2.4.3. Correlatos neurales del lenguaje

La identificación del correlato neural del lenguaje se inició con observaciones clínicas. En primera instancia, se observaron diferencias entre los hemisferios en el dominio del lenguaje, que destacaron la importancia del hemisferio izquierdo en la mayoría de las personas. Posteriormente, los estudios de Paul Broca ayudaron a la detección de un área relacionada con la producción del lenguaje, dicha área era el giro frontal inferior. Más tarde, Wernicke describió el giro temporal superior posterior izquierdo como el área encargada de la comprensión. De igual manera, se describió al lóbulo parietal inferior como una región involucrada con aspectos de almacenaje fonológico que participa en la lectura (Stowe et al., 2005).

Con la mejora en las técnicas y herramientas de estudio se han encontrado otras áreas que juegan distintos papeles en el procesamiento del lenguaje: giro temporal superior medio, giro temporal medio, lóbulo temporal anterior, giro frontal medio, giro frontal superior y lóbulo temporal inferior (Stowe et al., 2005).

Por otra parte, como ya se mencionó antes, la función comunicativa del lenguaje involucra no sólo el sentido literal de las palabras, sino también aspectos pragmáticos, a través de los cuales el sentido deja de ser literal. Tropos o figuras como las metáforas, proverbios, metonimia, ironía o sarcasmo, entre otras, involucran la participación de otras áreas cerebrales para la comprensión de estas formas de lenguaje. Una de las áreas que pudiera estar implicada en el entendimiento no literal es el giro frontal inferior izquierdo, que tiene un rol importante en la integración de las palabras para dar un significado a una oración, así como en la participación para el procesamiento semántico del conocimiento del mundo para el entendimiento del contexto de una oración, es decir, selección de la mejor interpretación de un mensaje. El giro supramarginal puede estar asociado con la integración del conocimiento semántico relevante a la situación y la intención del hablante. El giro temporal superior y el giro temporal medio izquierdos tienen una estrecha relación con áreas de asociación corticales como el frontal inferior, en donde en conjunto están implicados en selección semántica e integración no literal y novedosa de información. El lóbulo parietal inferior izquierdo puede estar implicado en la integración de conceptos. Mientras que, la corteza prefrontal medial, parece ser importante para la toma de perspectiva, en teoría de la mente y en la supresión de las interpretaciones alternativas. Otras áreas cerebrales como el surco temporal superior posterior derecho, corteza prefrontal ventrolateral, la unión temporo-parietal derecho, la corteza parietal inferior e incluso la ínsula, podrían estar implicadas también en la comprensión del lenguaje pragmático (Bohrn et al., 2012; Rapp et al., 2012; Reyes-Aguilar et al.,

2018).

2.4.4. Correlatos neurales de la intención comunicativa

Una intención puede involucrar una representación mental directa que conlleva un objetivo preciso, pudiendo ser de manera privada o comunicativa (Walter et al., 2004). Existen diversos estudios que han abordado la intención comunicativa con neuroimagen desde distintas visiones, en los siguientes párrafos se hará una revisión somera de los mismos.

El tema de la intención comunicativa se ha abordado desde procesos como la mentalización (Ciaramidaro et al., 2007). En estos estudios se ha descrito la participación de la corteza paracingular, en tareas de mentalización e intención comunicativa a través de gestos. Esta región parece estar activa durante tareas que involucran intenciones relacionadas o implicadas directamente con la interacción social, incluso a nivel predictivo (Walter et al., 2004). Otras áreas que se han vinculado con la capacidad de predicción de comportamientos con la observación de las intenciones son la unión temporo-parietal, el precúneo y la corteza prefrontal medial, en donde las activaciones varían según el tipo de interacción (Ciaramidaro et al., 2007).

Por otra parte, se ha establecido una tendencia a describir una estrecha relación entre la intencionalidad, la observación y el procesamiento de las acciones, con las neuronas espejo ¹ (Catmur, 2015). Se ha descrito que las representaciones motoras se encuentran ubicadas en áreas de la corteza frontal inferior y la parietal posterior, pero también se han señalado que están implicadas en intenciones abstractas e incluso estados emocionales Schulte-Rüther et al. (2007). La relación de este sistema con el procesamiento de la intención ha sido estudiada a través de la observación de actividad en regiones relacionadas con la teoría de la mente y neuronas espejo (Ciaramidaro et al., 2014). Se ha descrito, por ejemplo, una vinculación entre escuchar oraciones que implican acciones motoras con el sistema fronto-parieto-temporal, que incluye al IFG, corteza premotora, el parietal inferior, surco intraparietal y el giro temporal medial posterior, áreas involucradas en la ejecución y observación de acciones de movimiento. Es decir, que los sistemas de codificación de la observación de acciones motoras como movimientos de boca, mano o pierna parecen estar activos incluso cuando las acciones se describen en enunciados, donde el sistema de neuronas espejo se encontraría activo también en el reconocimiento de la intención

¹Grupos neuronales que son activadas en la observación de un acto motor, vinculadas con el entendimiento de estas acciones en otros individuos y como proveedoras de información del espacio peripersonal (Rizzolatti et al., 2019)

(Tettamanti et al., 2005). Sin embargo, otros estudios han descrito que el conocimiento obtenido a través del sistema de neuronas espejo permite sólo la integración y la atribución del significado de determinadas acciones como las motoras. Con base en estudios de neuroimagen se ha sugerido que las neuronas espejo, junto con las redes de mentalización, podrían proveer información sensoriomotora que apoya y restringe procesos inferenciales de comprensión de la intención, sin estar necesariamente implicadas en el entendimiento de las intenciones comunicativas (Catmur, 2015).

Como se ha mencionado, la mentalización o teoría de la mente podría estar implicada en el proceso comunicativo. Un estudio que apoya de manera importante esta idea es el de Willems et al. (2010). En este estudio se compararon los estados cerebrales durante la presentación de enunciados que difieren en la intención comunicativa, con el fin de observar si las áreas involucradas en la mentalización eran sensibles a la variación en la intención comunicativa y la dependencia de ambos del lenguaje. Los resultados mostraron la activación de distintas áreas como la prefrontal dorsomedial, asociadas con la mentalización y la intención comunicativa, además de encontrar que estas regiones cerebrales no estaban vinculadas con la dificultad lingüística. Por el contrario, ciertas áreas cerebrales como la corteza frontal inferior izquierda era sensible a la dificultad lingüística pero no a los enunciados con intención comunicativa. Lo cual indica que ciertos mecanismos cognitivos y cerebrales involucrados en la comunicación y el lenguaje podrían ser distintos.

Relacionado al contexto, un estudio que relaciona la influencia de los medios expresivos extralingüísticos es el realizado por Enrici et al. (2011), quienes diseñaron un experimento sobre la comprensión de la intención comunicativa por medio de escenarios caricaturizados. Por un lado, tenían escenarios lingüísticos con intención comunicativa o causalidad física y por el otro, escenarios extralingüísticos con intención comunicativa o causalidad física, y evaluaron la activación cerebral con fMRI. Los autores detectaron una red neural común relacionada con la intención comunicativa, en la que cada región estaba relacionada con un tipo de procesamiento específico. Dicha red involucra : el precúneo, descrita como un área crucial para la elaboración de información contextual e identificación de la estructura situacional; el surco temporal superior posterior bilateral y la unión temporo-parietal, involucradas en la identificación del estado final de los comportamientos, y la corteza prefrontal medial, que tiene un papel en el entendimiento de las inferencias sociales. Además, los resultados permitieron sugerir que dependiendo de la modalidad comunicativa se involucran otras áreas cerebrales, como aquellas involucradas en el lenguaje y los gestos extralingüísticos.

Un mismo enunciado puede ser interpretado de diversas formas o de manera no literal y la comprensión variará dependiendo de la intención a comunicar (Bosco et al., 2017). Basándose en esta premisa, Bosco et al. (2017) investigaron el circuito neural subyacente a la comprensión de un enunciado con intenciones sinceras, engañosas e irónicas, a través de una tarea experimental en donde los participantes leyeron historias cortas que variaban dependiendo del tipo de intención, acompañadas de una oración objetivo. Por un lado, en el contraste de intenciones engañosas con irónicas se encontró mayor activación en el giro temporal medial inferior relacionada con la integración semántica al provocarse un conflicto entre el enunciado irónico y el conocimiento previo. De igual manera, se encontró que el giro frontal inferior izquierdo y el giro frontal medio izquierdo, están implicados en la comprensión exacta de una palabra en el contexto de una oración, y participan en la discriminación entre un significado literal y uno irónico. De manera similar se encontró activación significativa en la corteza frontal dorsolateral izquierda, implicada en funciones ejecutivas que ayudan a la distinción entre enunciados engañosos e irónicos y la unión temporo-parietal posterior izquierda, implicada en el razonamiento e interpretación social, relacionada con los estados mentales.

Diversos estudios como los descritos anteriormente, han abordado desde diferentes ángulos el procesamiento de la intención comunicativa y han destacado el papel del precúneo, el surco temporal superior posterior bilateral, la unión temporo-parietal, y la corteza prefrontal medial como áreas que juegan papeles fundamentales, denominando a estas regiones cerebrales como “Red de procesamiento de la intención” (Bara et al., 2016; Enrici et al., 2011). Tettamanti et al. (2017) basados en un experimento previo (Enrici et al., 2011) antes descrito, buscaron si existía una diferencia entre hemisferios en el giro frontal inferior en términos del tipo de los estímulos que procesan. Con base en sus resultados proponen la participación del giro frontal inferior izquierdo para las representaciones lingüísticas de la intención comunicativa y el giro frontal inferior derecho para la integración de elementos extralingüísticos y proponen que estas áreas se comunican con las regiones cerebrales de la “Red de procesamiento de la intención”.

2.4.5. Correlatos neurales de los actos de habla

Como se ha mencionado, los actos que se realizan con el habla tienen una intención y se ha encontrado que algunas estructuras que se involucran en tareas relacionadas con intención comunicativa, también se involucran en tareas relacionadas con actos de habla.

Por un lado, ciertas formas de solicitudes indirectas, es decir, el realizar actos dependiendo de la inferencia producida por una oración no literal, se han asociado con áreas relacionadas con el sistema motor, teoría de la mente y realización de inferencias ([Van Ackeren et al., 2012](#)). [Van Ackeren et al. \(2012\)](#), por medio de imágenes y enunciados auditivos de actos de solicitudes indirectas y directas, exploraron la activación cerebral relacionada usando fMRI. Los autores de este estudio encontraron que la corteza premotora izquierda, el lóbulo parietal inferior bilateral y el área motora pre-suplementaria, comúnmente asociadas con aspectos motores, tenían una contribución directa en la comprensión del lenguaje cuando se presentaban estímulos que involucraban acciones motoras. De igual manera, la corteza prefrontal medial, el precúneo y la unión temporo-parietal izquierda, relacionadas tanto en tareas de mentalización y de intención comunicativa, se encuentran activas, al momento de leer el enunciado y en la inferencia de la intención de los hablantes incluso en oraciones con información contextual motora. Estas áreas, además, mantienen una conectividad con zonas especializadas en la comprensión del lenguaje, los autores proponen un papel importante de la corteza prefrontal medial, que también es un componente crítico de la red de mentalización, como la encargada de la modulación de regiones clásicas del lenguaje y áreas motoras durante el habla indirecta ([Van Ackeren et al., 2016](#)). Estos datos sugieren que otros sistemas, como el motor y el de la mentalización, se comunican con áreas del lenguaje, dependiendo de las características de las oraciones, para lograr la inferencia de la intención comunicativa. También se ha propuesto que los componentes emocionales tienen una influencia en el patrón de activación ([Shibata et al., 2011](#)).

De igual manera, otras investigaciones han abordado el estudio de la intención comunicativa a través del lenguaje escrito utilizando actos de habla para analizar la influencia del contexto en el entendimiento de enunciados directos. [Bašnáková et al. \(2014\)](#) realizaron un estudio para analizar la influencia del contexto y su correlato neural. Para ello generaron enunciados precedidos por un texto que proporcionaba un contexto que brindaba al enunciado un carácter de respuesta directa, respuesta informativa indirecta y respuesta indirecta enmascarada, manteniendo un mismo enunciado en cada condición contextual descrita. Los participantes debían prestar atención a lo que el protagonista quería decir con el enunciado final, por lo que midieron si dependiendo del contexto, el mismo enunciado podía ser entendido de manera distinta. Estos autores observaron una activación mayor de la corteza frontal medial, unión temporo-parietal derecha, ínsula anterior, corteza prefrontal bilateral y regiones temporales derechas, todas ellas regiones implicadas en la mentalización y la empatía, determinando que la variación del entendimiento de la intención en

una oración fija implicaba procesos cognitivos y afectivos. Estos resultados muestran una vez más que para el procesamiento de la intención, se reclutan diversas redes cognitivas de mentalización, memoria, control ejecutivo, integración e interpretación del lenguaje, además de redes de acciones motoras y afectivas, que hacen posible las inferencias intencionales en tercera y primera persona [Bašnáková et al. \(2015\)](#).

Otro estudio que ha reportado la participación de otras regiones corticales para el procesamiento de los actos de habla fue el realizado por [Egorova et al. \(2016\)](#). Mediante una tarea de nombramiento y petición de objetos presentados visualmente, indagaron los patrones de activación cerebral mediante neuroimagen funcional. Estos autores describieron la participación de estructuras relacionadas con las acciones como las descritas anteriormente en la condición de petición de objetos; áreas, relacionadas con la mentalización en ambas condiciones, y además, observaron una activación de regiones temporales y parieto-temporales izquierdas como el giro angular, al nombrar objetos. Por otra parte, los autores describen que los dos tipos de actos de habla activan áreas ligeramente diferentes, las peticiones, que son actos directivos, se relacionan con una activación mayor de zonas fronto-parieto-temporales, mientras que el nombrar, que es un acto asertivo, se activan áreas parietales izquierdas. Los autores mencionan, que el procesamiento de los actos de habla involucra ambos hemisferios, aunque cada uno responde selectivamente a diferentes subtipos de actos.

2.5. Estudios sobre la modulación de la intención comunicativa por medio de la expresión emocional en rostro

Una de las interrogantes dentro de las teorías de comportamiento no verbal se relaciona a la transmisión de actos comunicativos a través de la expresión facial de emociones, esto es, si el rostro ofrece información para la comunicación. Dicha interrogante surge debido a la evidencia de que las emociones informan y dirigen procesos cognitivos que ayudan a las interacciones sociales, es decir, las reacciones a los acontecimientos podrían estar ofreciendo a los observadores información sobre su interpretación, su evaluación, las creencias e intenciones, todo lo cual puede facilitar el entendimiento de la situación social comunicativa [Gratch \(2008\)](#).

Un estudio que se ha acercado a la observación de esta relación es el realizado por [Domaneschi et al. \(2017\)](#). En este estudio, los autores buscaron una relación entre actos de habla con acciones unitarias de rostros, usando fotografías de la parte

superior de rostros con características faciales particulares (acciones unitarias y sus combinaciones). Encontrando la existencia de asociación entre una pregunta y una orden con las acciones unitarias AU1+4 y AU4+5 respectivamente, esta última es una combinación correspondiente al enojo y tristeza. Con este estudio se abre el acercamiento de la utilización y comprensión de expresiones faciales en el lenguaje.

Como se ha mencionado, el entendimiento de las intenciones comunicativas es de gran importancia para las interacciones sociales de todos los días, ciertos factores contextuales podrían alterar la comprensión de la intención por parte de los interlocutores. Relacionado a esto, un problema en las investigaciones sobre neurociencia social es la búsqueda de los correlatos neurales involucrados en las intenciones de las personas (Ciaramidaro et al., 2007). Particularmente en el análisis del proceso de la comprensión de la interacción comunicativa se ha observado que existen ciertas pistas paralingüísticas como la expresión facial y el tono de voz que ayudan al entendimiento comunicativo. Con base en este supuesto, Wang et al. (2006) desarrollaron una investigación buscando el circuito neuronal involucrado en la interpretación de la intención comunicativa en niños y adultos, utilizando un paradigma donde los participantes observaban dibujos en cierto escenario mientras escuchaban oraciones cuyo final era potencialmente irónico o neutral. Los participantes tenían que identificar si el hablante hablaba de manera sincera o no quería decir lo que había dicho, al mismo tiempo midieron la actividad cerebral mediante fMRI. En este estudio emplearon tres condiciones: no brindar instrucciones sobre prestar atención a un objetivo específico, prestar atención a los rostros y prestar atención a la prosodia. Los resultados encontrados referentes a la actividad cerebral fueron una activación en la corteza prefrontal medial ventral (CPFM), que se relacionó con la integración del afecto dada por la expresión facial y el tono de voz, y sugieren que esta estructura se vuelve más eficiente con la edad. A su vez, la observación de la expresión facial generó una mayor activación en el giro fusiforme derecho en los adultos al dirigir la atención al rostro, esta mayor activación se relacionó con la edad y el nivel educativo. Este estudio sugiere la participación de ambas áreas, la corteza prefrontal y el giro fusiforme, para la decodificación de las intenciones comunicativas, en donde la observación de los rostros ofrece un gran apoyo contextual para la decodificación, pudiendo discriminar aún mejor la intención que con las pistas prosódicas, dada la mayor activación cerebral durante la atención a los rostros que a la prosodia y la mejor respuesta conductual durante la tarea.

A partir de los resultados antes descritos, el mismo grupo de investigación, Wang et al. (2007) realizó una investigación sobre el circuito neuronal involucrado en los déficits en la interpretación de las intenciones comunicativas, en particular de la

comprensión de la ironía, las expresiones faciales y el tono de voz en niños con trastorno del espectro autista (TEA), usando la misma tarea generada en su trabajo previo. Los resultados de este estudio mostraron que los niños con TEA respondían de manera equivocada a las preguntas sobre si los enunciados eran sinceros o irónicos, manteniendo además una actividad reducida de la corteza prefrontal medial y el giro temporal superior. Los autores describieron que la disminución de la activación neural en estas áreas se debía a que los individuos con TEA procesan los enunciados irónicos como literales, de igual manera, esta menor activación en la corteza prefrontal medial podría indicar menor comprensión de la intención, debido a que no se le dio la instrucción de prestar atención a los rostros ni a la prosodia. En contraste, cuando se les solicitó a los participantes enfocar la atención en los elementos paralingüísticos, rostros y voz, se detectó una mayor activación en la CPFM siendo aún mayor en el caso de los primeros. Los resultados sugieren que la observación de los rostros podría facilitar la interpretación de las intenciones comunicativas de otros y resaltan el papel de la corteza prefrontal medial dorsal en la inferencia de las intenciones comunicativas.

Capítulo 3

Justificación

El ser humano está expuesto a una gran variedad de estímulos, que en ocasiones son procesados de manera inconsciente ¹. Los rostros representan un elemento que puede estar influyendo en la interpretación del lenguaje, en especial, el entendimiento de la intención del emisor. Se ha observado en pacientes con disfunción en el reconocimiento de rostros, como en el trastorno del espectro autista y esquizofrenia, problemas en la detección de la intención comunicativa (Bara et al., 2011; Harms et al., 2010). Por lo anterior, algunos autores han descrito una posible vinculación entre estos dos factores, es decir, el déficit en el reconocimiento emocional de los rostros podría provocar la falla en el entendimiento de la intención comunicativa (Srinivasan et al., 2016; Wang et al., 2007). En este estudio se evaluará el papel de las expresiones faciales en la comprensión de la intención comunicativa en adultos neurotípicos. Para ello se propone evaluar la categorización de actos de habla directivos después de la presentación de rostros con expresiones faciales de enojo, tristeza y alegría. También se evaluará si la interpretación de la intención comunicativa dependiendo de la expresión facial resulta en la activación diferencial de zonas cerebrales involucradas en la decodificación de la intención comunicativa.

¹Se usa el término inconsciente en el sentido de que la información no pasa por la consciencia de la persona, es decir la persona no podría describir el estímulo con exactitud.

Capítulo 4

Hipótesis

- La interpretación de la intención comunicativa de un enunciado será modificada por la observación previa de rostros con valencia emocional. Es decir, un enunciado será interpretado como una exigencia después de la presentación de un rostro con expresión de enojo, mientras que será interpretado como un ruego después de la presentación de un rostro expresando tristeza.
- La presentación previa de rostros con distinta expresión emocional modificará el patrón de activación cerebral durante la lectura de un mismo enunciado.

Capítulo 5

Objetivos

5.1. Objetivos generales

Contribuir al entendimiento de la influencia de las expresiones emocionales del rostro como pistas paralingüísticas que influyen en la interpretación de la intención comunicativa y evaluar su correlato neuronal.

5.2. Objetivos particulares

1. Seleccionar un conjunto de fotografías de rostros con expresiones de alegría, enojo y tristeza que sean congruentes con las características étnicas de la población mexicana y que hayan sido validadas previamente, que incluyan hombres y mujeres, además de ser homogéneas en términos de formato.
2. Evaluar el reconocimiento de las expresiones faciales en una muestra de adultos mexicanos jóvenes, tanto hombres como mujeres, reclutados en línea, utilizando una escala tipo Likert.
3. Elaborar enunciados que puedan ser interpretados como exigencia, ruego y afirmación, que sean homogéneos en términos de número de palabras, frecuencia de uso de las palabras y sintaxis, además de poseer una valencia emocional neutra en el núcleo de la oración.
4. Programar una tarea usando el programa Psychopy para evaluar la compatibilidad entre actos de habla y la expresión emocional de rostros.
5. Evaluar por medio del programa Psychopy el efecto de la presentación rápida (250 mseg) y lenta (2000 mseg) de rostros con expresión emocional de enojo, tristeza y alegría sobre la interpretación de los enunciados seleccionados, presentados después de los rostros.
6. Evaluar por medio del programa Psychopy la categorización de enunciados afirmativos como actos de habla de exigencia, ruego y afirmación, previa observación de rostros con expresión emocional de enojo, tristeza y alegría, presentados durante 500 mseg.

7. Evaluar el patrón de activación cerebral ante la lectura de los enunciados después de la presentación de los rostros alegres, enojados y tristes.

Capítulo 6

Etapas de estudio

Los objetivos del proyecto se realizaron en varias etapas. La primera consistió en la selección de los estímulos de expresión emocional que se utilizarán en el experimento final y la validación de éstos en una muestra de participantes. Una segunda etapa constó de un primer acercamiento de la posible relación entre una expresión emocional con un determinado acto de habla. En la tercera etapa se realizó un estudio para la verificación de la compatibilidad o incompatibilidad entre enunciados estructurados como exigencia, ruego o afirmación con rostros expresando enojo, tristeza o alegría. La cuarta etapa consistió en un segundo estudio de verificación de la modificación del entendimiento de un enunciado como correspondiente a alguno de los actos de habla debida a la presentación previa o posterior de un rostro con distinta expresión emocional. Una última etapa consistió en la realización del paradigma generado en la etapa anterior en el resonador magnético, con el fin de observar la activación neural relacionada al evento.

Capítulo 7

Etapa 1: selección de fotografías de rostros con expresiones de alegría, enojo y tristeza

7.1. Método

7.1.1. Sujetos

Para el proceso de selección y validación de las imágenes de rostros emocionales que cumplan con los requisitos de expresión de la emoción y reconocimiento de estos en la cotidianidad, participaron 52 personas (21 Mujeres) con una media de edad de 23.67 años ($DE=3.28$), de las localidades de Oaxaca, Puebla, Veracruz y Ciudad de México, de la República Mexicana.

7.1.2. Material

Por medio de la plataforma en-línea ofrecida por Google Forms se elaboraron dos formularios. El primero contenía la base de datos de rostros Montreal Set of Facial Displays of Emotion ([Beaupré and Hess, 2005](#)). Mientras que un segundo formulario consistió en el Set of Emotional Facial Expression Pictures ([Olszanowski et al., 2014](#)) y Compound Facial Expressions of Emotion, ([Du et al., 2014](#)).

El análisis de los resultados se realizó con el lenguaje R v.3.5, usando RStudio v. 1.1

7.1.3. Procedimiento

Para la selección de los estímulos se hizo una búsqueda en bases de datos de rostros de expresiones que representaran cada una de las siete emociones básicas, cuyos actores mantuvieran características de población caucásica y/o latinoamericana. Se seleccionaron tres bases de datos que cumplieran adecuadamente con estas condiciones, por lo cual se procedió a la evaluación de cada una de ellas utilizando los formularios de Google y los participantes respondieron en línea.

Se presentaron imágenes de cada uno de los actores de cada base de datos, expresando seis emociones básicas: alegría, enojo, tristeza, asco, sorpresa, miedo,

además de una neutra, y los participantes calificaron cada rostro respondiendo a cada una de estas preguntas:

- *¿Cuál(es) de estas imágenes expresa enojo/alegría/neutro?* Debían seleccionar las imágenes de cada individuo que expresaba las siete emociones básicas.
- *¿Con qué intensidad?* Debían responder usando una escala tipo Likert que iba de de 1=poco a 4=mucho, el orden de la escala variaba cada 2 rostros.
- *¿Podría ser éste un rostro de un miembro de tu comunidad?* Debían responder con una respuesta dicotómica, sí-no.

7.2. Resultados

La búsqueda de las bases de datos de rostros expresivos se basó en los criterios de que fueran rostros que representaran una etnia latinoamericana o caucásica semejante a la muestra de estudio.

Para encontrar las imágenes se revisaron algunas recopilaciones de estudios y bases de datos (Kaulard et al., 2012; Krumhuber, 2017), de igual manera, se revisaron las páginas web <http://www.face-rec.org/databases/> y http://web.mit.edu/emeyers/www/face_databases.html para hallar una que cumpliera con los requisitos.

Gran parte de las bases de datos revisadas tenían diversos inconvenientes, como no poseer rostros que expresaran emoción, variación en el formato entre los individuos, modelos en 3D, población caucásica o extranjera definida que no se asemejaban a la latina. A partir de esta revisión, se seleccionaron las bases de datos con estímulos que más se acercaban al objetivo.

Una vez revisadas las bases de datos, se seleccionó al Montreal Set of Facial Displays of Emotion (MSFDE) (Beaupré and Hess, 2005), Compound Facial Expression of Emotion (CFEE)(Du et al., 2014) y Set of Emotional Facial Expression pictures (Olszanowski et al., 2014).

Se analizaron de manera descriptiva los datos obtenidos sobre la detección correcta de la expresión emocional de los rostros por parte de los participantes de acuerdo con el criterio de las bases de datos. Se calculó el número de jueces que calificaron cada emoción, enojo, alegría, neutro, según el criterio de cada base de datos y estos resultados se representan en las Figuras 7.1, 7.2 y 7.3.

Para comparar si la correcta categorización de las tres expresiones era diferente entre ellas, tomando en consideración todas las bases de imágenes faciales, primero

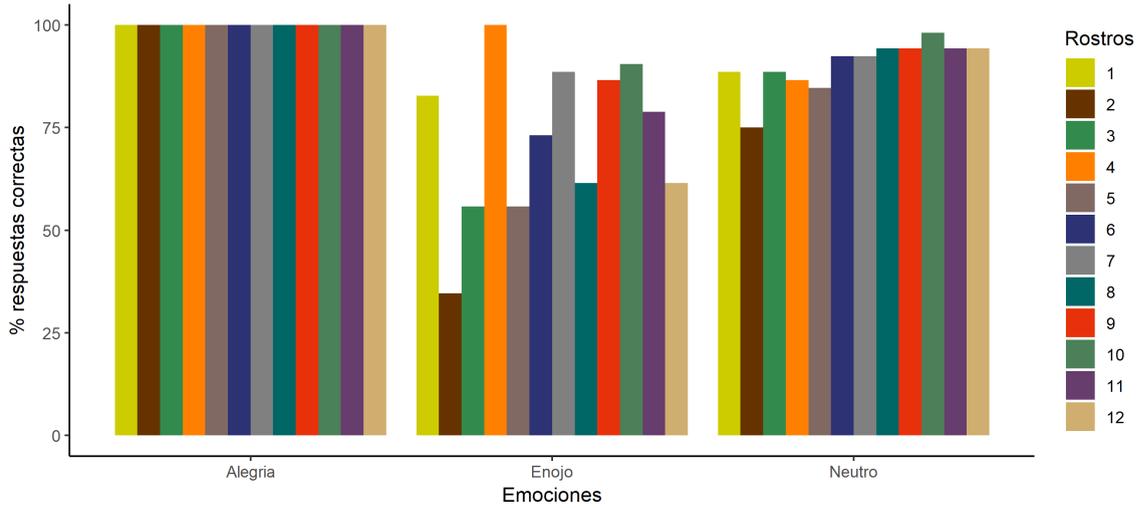


Figura 7.1: Número de jueces, expresado como porcentaje, que calificó cada emoción de acuerdo al criterio de la base “Montreal Set of Facial Displays of Emotion”. Cada rostro expresado como número se refiere a un actor diferente.

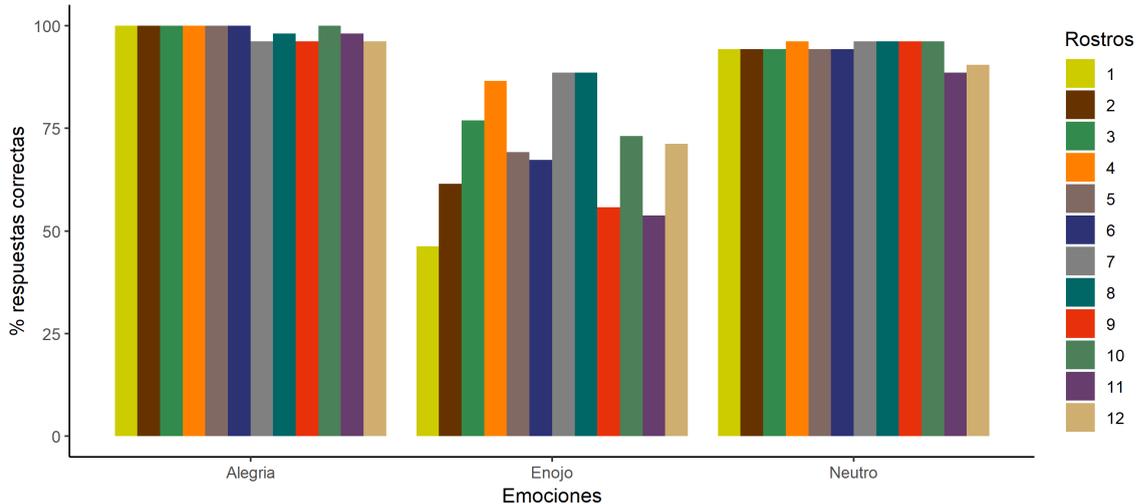


Figura 7.2: Número de jueces, expresado como porcentaje, que calificó cada emoción de acuerdo al criterio de la base “Compound Facial Expressions of Emotion”. Cada rostro expresado como número se refiere a un actor diferente.

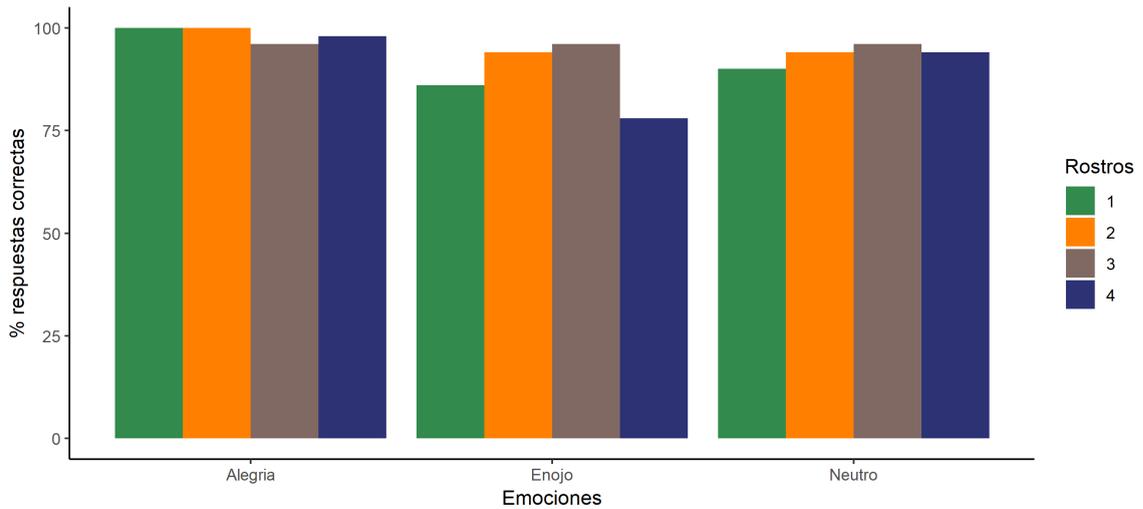


Figura 7.3: Número de jueces que calificó cada emoción de acuerdo al criterio de la base “Set of Emotional Facial Expression pictures”. Cada rostro expresado como número se refiere a un actor diferente.

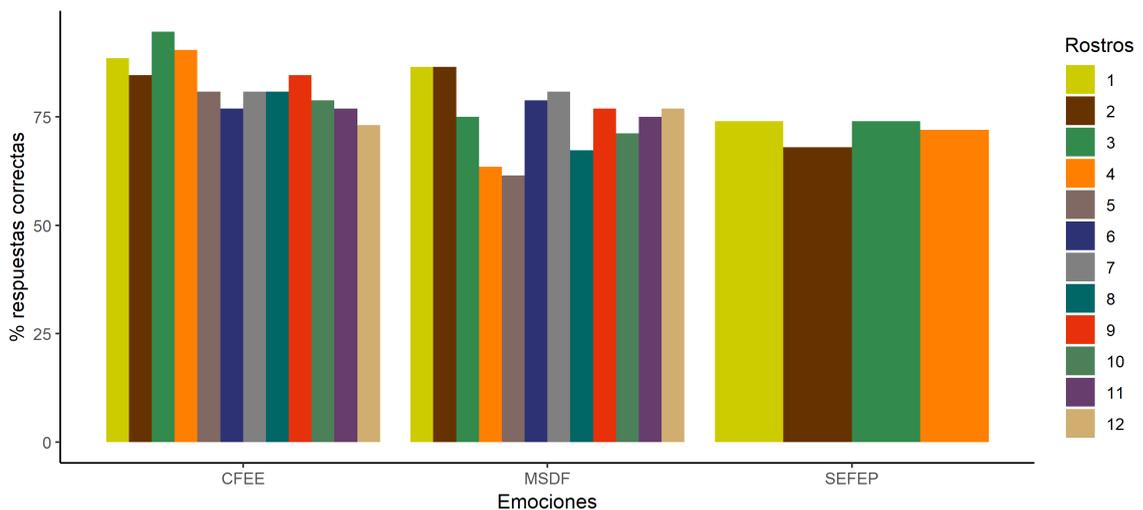


Figura 7.4: Número de jueces que calificó cada rostro como parte de su comunidad en cada una de las tres bases de datos. Cada rostro expresado como número se refiere a un actor diferente.

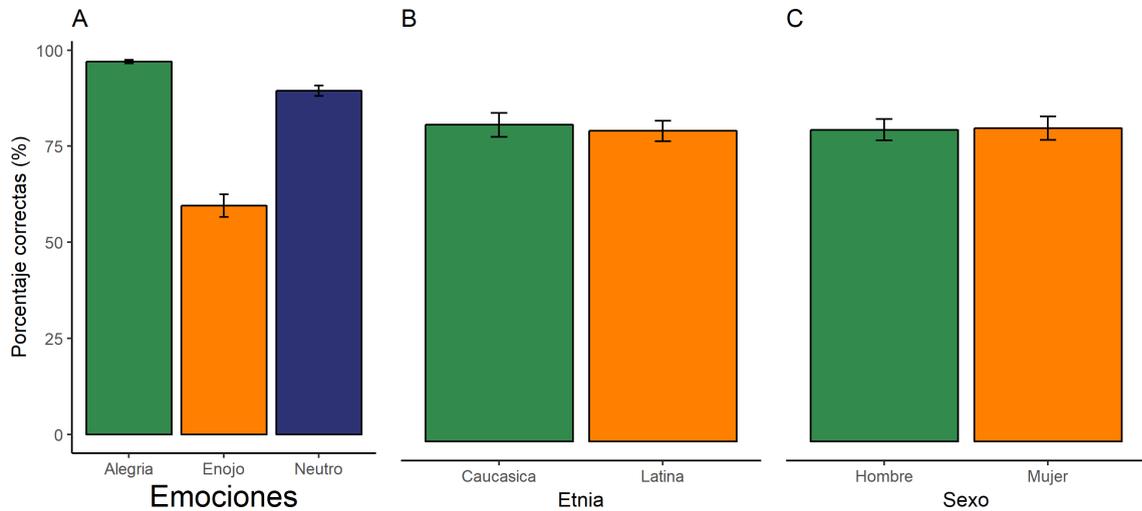


Figura 7.5: A) Porcentaje promedio (desviación estándar) de respuestas correctas de cada una de las expresiones emocionales para todas las bases de imágenes faciales. B) Porcentaje promedio (desviación estándar) de respuestas correctas del total de expresiones emocionales dependiendo de la clasificación étnica correspondiente a los rostros observados para todas las bases de imágenes faciales. C) Porcentaje promedio (desviación estándar) de respuestas correctas de los participantes cuando observaban un rostro perteneciente al sexo de hombres y mujeres respectivamente para todas las bases de imágenes faciales.

se realizó una prueba de Levene la cual mostró que las varianzas no eran homogéneas (21.65, $p < 0.001$), por lo cual se utilizó la prueba Friedman y una prueba post hoc con corrección de Bonferroni, obteniendo una diferencia significativa esto es, las tres emociones son categorizadas con distinto grado de precisión, $\text{friedman chi-cuadrada} = 53.626$, $gl = 2$, $p < 0.001$. Los resultados muestran que la expresión emocional facial mejor detectada por los 52 participantes que evaluaron las tres bases de datos fue la alegría ($M = 50.42$, $DE = 1.25$), seguida de la expresión neutra ($M = 46.5$, $DE = 0.71$) y en menor grado el enojo ($M = 30.96$, $DE = 8.07$), la cual resultó difícil de categorizar en algunos casos (Ver Figura 7.5a).

Por otra parte, con respecto a los resultados del patrón de respuestas dependiendo de la etnia del rostro, los resultados indicaron que las respuestas correctas ante los rostros caucásicos ($M = 43.1852$, $DE = 8.52$) y los de población latina ($M = 42.36$, $DE = 10.53$) son similares, sin diferencias significativas ($p > 0.943$, prueba de Wilcoxon) esto es, los participantes de la muestra respondieron con la misma precisión ante los rostros caucásicos o latinos (Ver Figura 7.5b).

En cuanto a los resultados relacionados con el sexo de los rostros se observó que los participantes detectaron las emociones expresadas con la misma precisión para los rostros de hombres ($M = 42.52$, $DE = 9.41$) que de mujeres ($M = 42.73$, $DE =$

10.45; ver Figura 7.5c).

Para evaluar si la precisión de las respuestas dependía de la interacción entre etnia y sexo de los rostros observados por los participantes se realizó un test de Levene como prueba de homogeneidad que resultó no significativo ($p > 0.395$), por lo cual se utilizó un ANDEVA de dos vías. Este análisis mostró que la precisión para identificar la expresión facial correspondiente a cada emoción no depende de la interacción entre etnia y sexo [$F(1, 80) = 0.179, p > 0.674$] esto es, el sexo y la etnia de las expresiones faciales pueden considerarse variables no relevantes para el reconocimiento de una emoción y la expresión facial correspondiente, en esta muestra de participantes.

Por medio de un análisis de U de Mann-Whitney, debido a la falta de homogeneidad de varianza, se inspeccionó si la precisión de las respuestas dependía del sexo del participante, y no se encontró un efecto del sexo del participante para la clasificación de las emociones considerando las tres en el mismo análisis ($p > 0.29$). También se evaluó la precisión de las respuestas para cada emoción, se encontró que en la detección del enojo no hay diferencias significativas entre los participantes hombres y mujeres ($p > 0.303$). En el caso de la alegría, tampoco se encontró un efecto sexo del participante ($p > 0.803$). Mientras que para el caso de la expresión neutra se usó la prueba paramétrica t para muestras independientes obteniendo una significancia estadística [$F(312, 310) = 30.687, t = 2.614, p < 0.009$], lo cual indica un patrón de respuesta diferente entre los participantes hombres y mujeres en relación con la selección de los rostros correspondientes a una emoción neutra, siendo las mujeres más precisas para detectar el rostro neutro.

Con respecto a la pregunta sobre si los rostros podían pertenecer a su comunidad, los participantes respondieron que los actores de la base CFEE eran reconocidos como posibles miembros de la comunidad en un mayor grado (M=82.56, DE=6.23), respecto a MSDF (M=74.99, DE=8.02) y SEFEP (M=72, DE=2.82). Los datos indican que los actores de esta base de datos son identificados como población mexicana por los participantes (Ver Figura 7.4).

Una vez seleccionada la base de datos con mejores resultados, la CFEE, se calculó el promedio de respuestas correctas para cada emoción por actor, con el fin de reducir la cantidad de actores. De un total de doce actores, aquellos con la denominación 19, 28, 64, 75, 78 y 184, propia de los autores del compendio de rostros, se seleccionaron para verificar las diferencias entre ellos según la expresión emocional.

Los resultados de esta comparación mostraron que no hay diferencias en la precisión con la que se hace la categorización de la emoción según el actor que la repre-

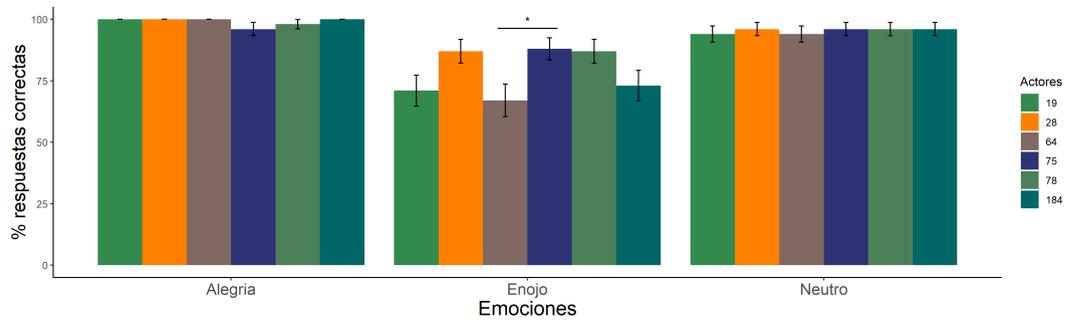


Figura 7.6: Media de respuestas correctas de los participantes para cada uno de los rostros con expresión emocional de enojo, alegría y neutra de la base “Compound Facial Expressions of Emotions”. (*) Diferencias significativas prueba Q de Cochran.

senta ($p > 0.005$, *pruebaFriedman*). Para verificar este resultado se usó la prueba Q de Cochran para variables dicotómicas de muestras relacionadas, y tampoco se encontraron diferencias significativas en la correcta identificación de las expresiones emocionales entre pares de rostros (alegría: $p > 0.221$, neutra: $p > 0.549$), pero sí para el enojo ($p < 0.027$) donde la precisión entre la actriz 64 y la 75 fue diferente (Ver Figura 7.6).

Capítulo 8

Etapa 2: evaluación de la relación entre una expresión emocional y un acto de habla

La etapa 1 permitió seleccionar una base de datos de rostros con expresión emocional que mejor se ajustara a los objetivos establecidos, siendo la base CFEE (Du et al., 2014) la que obtuvo mejores puntajes de identificación correcta de la emoción y de pertenencia a la comunidad, lo cual permitió evaluar la posible relación de los actos de habla con una emoción en particular en términos de expresión facial.

8.1. Método

8.1.1. Sujetos

Se realizó la evaluación de la relación entre los actos de habla de ordenar, rogar, pedir y exigir con cada una de las siete expresiones básicas provenientes de la base CFEE en una muestra de 40 personas (20 Mujeres) con una media de edad de 24.42 años ($DE = 5.99$), de diversos estados de la República Mexicana.

8.1.2. Materiales

Por medio de la plataforma Google Forms se generó un formulario donde se interrogaba sobre la asociación entre cada acto de habla y expresiones emocionales de la base de rostros Compound Facial Expressions of Emotion (Du et al., 2014).

El análisis de los resultados se realizó con el lenguaje R v.3.5, usando RStudio v. 1.1

8.1.3. Procedimiento

Se presentaron las imágenes de los seis actores, seleccionados anteriormente, expresando cada una de las siete emociones básicas. Se presentó a cada actor con sus correspondientes expresiones junto a una de las siguientes preguntas:

- *¿Cuál(es) de las siguientes imágenes expresa una orden?*
- *¿Cuál(es) de las siguientes imágenes expresa un ruego?*

- *¿Cuál(es) de las siguientes imágenes expresa una petición?*
- *¿Cuál(es) de las siguientes imágenes expresa una exigencia?*

Cada participante seleccionó la expresión o expresiones emocionales de cada actor que mejor se ajustara a lo que consideraran como una orden, ruego, petición y exigencia.

8.2. Resultados

Se realizó un análisis de *Chi – cuadrada* de independencia, para la evaluación de la asociación entre las variables categóricas, corroborando la existencia de relaciones según la frecuencia de respuesta y se utilizó una graficación tipo chi con residuos Pearson, para ver la contribución de cada variable al resultado estadístico (Ver Figura 8.1). Los resultados indican una asociación significativa entre las expresiones emocionales con los actos de habla, con una categorización de elementos [$X^2(18, 90) = 615.47, p < 0.001$] que mantienen ciertas combinaciones preferentes en la frecuencia de selección. Las órdenes con el rostro neutro ($M = 22.16$) y el enojo ($M=11.33$), ruego con tristeza ($M = 18.16$) y miedo ($M = 13$) y exigencia con enojo ($M = 16$) y neutro ($M = 12$). No obstante, los resultados no mostraron este tipo de relación tan fuerte entre la petición con alguna emoción, con excepción de la alegría ($M = 11.8$, ver Tabla A.1 en anexos).

Para comprobar la posible existencia de un efecto del sexo del participante sobre la respuesta de categorización de los actos de habla se realizó un análisis de U de Mann-Whitney para muestras independientes, la cual arrojó que la categorización de cada acto de habla es igual entre hombres y mujeres (Orden: $p > 0.565$, Ruego: $p > 1$, Petición: $p > 0.923$ y Exigencia: $p > 0.848$).

De igual manera, para evaluar si hay un efecto del sexo del participante sobre la respuesta de categorización de la emoción del actor observado de acuerdo al acto de habla, se encontró que en ningún caso existe diferencia entre sexos (orden: $p > 0.973$, ruego: $p > 0.972$, petición: $p > 0.991$, exigencia: $p > 0.938$). Finalmente, se comparó la categorización de los actos de habla con base en las expresiones emocionales de distintos actores y se encontró que no había diferencias entre actores para ninguno de los actos de habla ($p > 0.999$), por lo cual se puede inferir que no importa a qué actor corresponde la emoción, es asociada de la misma manera con un acto de habla en particular.

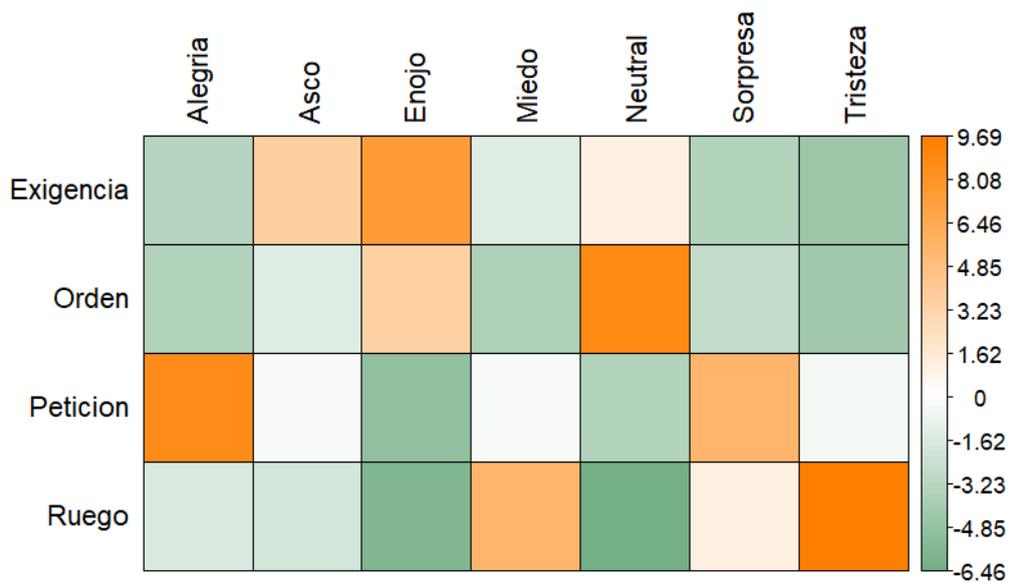


Figura 8.1: Variables que más contribuyen al puntaje total del chi-cuadrado mediante los residuos Pearson, donde los valores positivos indican una mayor asociación entre fila y columna, mientras en los negativos hay una asociación negativa. Con ello se indica la compatibilidad o incompatibilidad entre actos de habla con la expresión emocional en rostros.

Capítulo 9

Etapa 3: Verificación de la compatibilidad o incompatibilidad entre enunciados estructurados como exigencia, ruego o afirmación con rostros expresando enojo, tristeza o alegría.

Esta etapa consistió en la evaluación conductual de compatibilidad o incompatibilidad entre algunas expresiones emocionales en el rostro, con enunciados con características lingüísticas de exigencia, ruego y afirmación.

9.1. Método

9.1.1. Sujetos

Se reclutaron 30 personas (15 mujeres) con disponibilidad, de diversos estados de la república, diestros, con una media de edad de 25.63 años ($DE = 2.41$). Cada uno de los participantes firmó un consentimiento informado y llenó una hoja de datos generales.

9.1.2. Materiales

Se generaron 20 enunciados estructurados como exigencia, ruego y afirmación, teniendo un total de 60 enunciados, basados parcialmente en los creados por [Domneschi et al. \(2017\)](#) y reformulados con base en la percepción de 8 jueces sobre la comprensibilidad y qué tan compatibles eran con el acto de habla al que se hacían alusión. Se verificó que cada verbo de la oración tuviera una valencia emocional neutra, con la base de datos NRC Sentiment and Emotion Lexicons ([Mohammad and Turney, 2010](#)). Los enunciados constaron de 7.4 ($DE = 1.39$) palabras en promedio para el caso de la afirmación, y 7.9 ($DE = 1.43$) para el caso del ruego y exigencia.

Se utilizó la base de datos Compound Facial Expressions of Emotions con los actores 19, 28, 64, 75, 78 y 164, expresando cada uno de ellos las emociones de enojo, tristeza y alegría.

Para la presentación de los estímulos se utilizó una Computadora Asus SL301 con el programa Psychopy (versión 1.85.6, programa de libre acceso desarrollado por la Universidad de Nottingham) el cual permite la presentación y almacén de

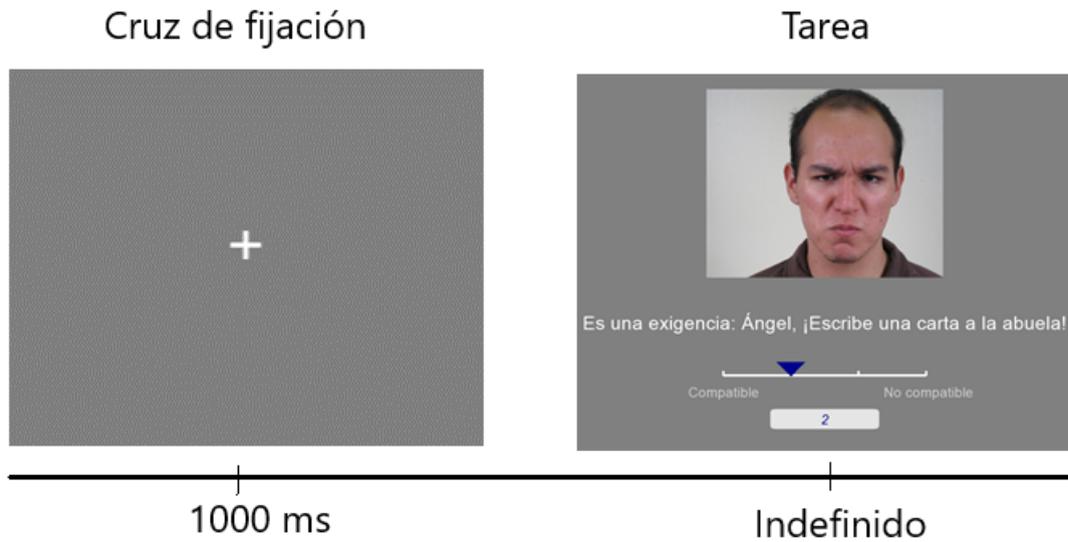


Figura 9.1: Ejemplo de evento del estudio de la etapa 3.

respuestas (Peirce, 2007). La observación de los estímulos fue en una pantalla Dell de 24 pulgadas. Mientras que la generación de respuestas por parte del participante fue a través de un Mouse Inalámbrico Verbatim. Se utilizó, además un posicionador para mantener la mirada fija hacia y dirigida hacia el rostro presentado. El análisis de los resultados se realizó con el lenguaje R v.3.5, usando RStudio v. 1.1

9.1.3. Procedimiento

Se programó en el software Psychopy un paradigma donde se presentaron de manera pseudo-aleatoria los enunciados estructurados como afirmaciones, exigencias y ruegos, acompañados con un rostro cuya expresión denotara alegría, enojo y tristeza sobre un fondo gris. Los participantes contestaron en una escala tipo Likert qué tan compatible era la expresión emocional del rostro con el enunciado que leían, respondiendo 1 para la total compatibilidad y 4 para la completa incompatibilidad entre ambos estímulos. Cada ensayo comenzaba con una cruz de fijación en el centro de la pantalla con una duración de 1000 ms, mientras que la duración de los estímulos dependía de la respuesta del sujeto (Ver Figura 9.1).

Posterior a la realización del paradigma, cada participante relacionó los verbos centrales de los enunciados con el acto de habla con el que consideraban que se asociaba. Por ejemplo, el verbo escribir lo podían relacionar con una acción de exigencia, ruego, afirmación o ninguno.

9.2. Resultados

A partir de los datos obtenidos se realizó una prueba *chi – cuadrada* de la misma manera que en la etapa anterior para la verificación de la compatibilidad entre categorías. Mostrando una significancia estadística de categorización [$X^2(14, 36) = 3017.3, p < 0.001$]. la cual muestra una mayor frecuencia de compatibilidad entre algunas condiciones. Los resultados muestran que las afirmaciones parecen asociarse con la expresión emocional de la alegría, las exigencias con el enojo, y los ruegos con la expresión emocional de tristeza, aunque en menor grado (Ver Figura 9.2 y tabla A.2, anexos).

Por otra parte, de la lista que cada participante rellenó en relación con la vinculación de un verbo con un acto de habla, los resultados indican que los sujetos detectan ciertos verbos como actos de habla específicos, lo que se observa en la frecuencia de respuestas (Ver tabla A.3, anexos). Se usó la prueba Q de Cochran para muestras relacionadas y variables dicotómicas, y un análisis post hoc para determinar las diferencias de las respuestas para cada verbo con el objetivo de eliminar aquellos que se relacionaran estrechamente con la exigencia y el ruego. Para el caso de la exigencia (diferente a las demás y con mayor porcentaje de respuestas), los verbos que fueron relacionados como pertenecientes a esta categoría son Estudiar ($p < 0.001$), Trapear ($p < 0.001$), Limpiar ($p < 0.001$) y Lavar ($p < 0.001$). El verbo trabajar se asoció con exigencia más que con ruego y ninguno ($p < 0.001$), además fue considerado también como afirmación aunque no con mayor frecuencia ($p > 0.233$). Es decir, que por sí mismos, estos verbos son considerados como acciones que implican una exigencia. Mientras que para el ruego, el verbo Regresar es el único que es incluido en esta categoría de acto de habla ($p < 0.002$), sin embargo, este verbo también puede ser considerado como afirmación puesto que no existe diferencia significativa en la frecuencia con la que se le cataloga como ruego o como afirmación ($p > 0.059$).

Para la verificación de qué actor de la base de datos era relacionado con más concordancia para las condiciones exigencia-enojo, ruego-tristeza, se realizó un análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis y un estadístico post-hoc con corrección de Bonferroni. En la condición Alegría-Afirmación no hubo diferencias significativas (ver Figura 10, anexos). Para la condición Exigencia-Enojo, se encontró una diferencia entre todos los rostros ($p < 0.001$), siendo los rostros 64 y 184 diferentes a los rostros 19, 28 y 75 ($p < 0.001$) pero no entre sí ($p > 0.275$). Para el caso de la condición Ruego-Tristeza, los actores se comportan de manera diferente ($p < 0.012$), siendo los actores 64 y 184 los únicos diferentes entre sí ($p < 0.001$) (Ver Figura A.1.

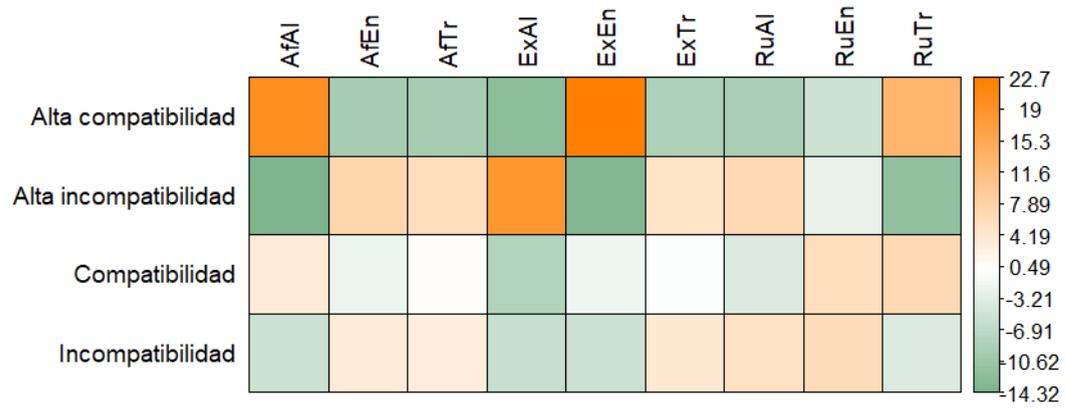


Figura 9.2: Variables que más contribuyen al puntaje total de la chi-cuadrada mediante los residuos Pearson, donde los valores positivos indican una mayor asociación entre fila y columna, mientras en los negativos hay asociación negativa. Con ello se indica la compatibilidad o incompatibilidad entre actos de habla (Afirmación=Af, Exigencia=Ex, Ruego=Ru) con la expresión emocional en rostros (Alegría=Al, Enojo=En, tristeza=Tr).

Capítulo 10

Etapa 4: verificación de la modificación de la categorización de un enunciado como alguno de los actos de habla debida a la presentación previa o posterior de un rostro con distinta expresión emocional

Esta etapa consistió en la evaluación de la comprensibilidad y categorización de un enunciado, estructurado como afirmación, en relación con los actos de habla de interés, después de la presentación de un rostro con expresión emocional de enojo, tristeza y alegría. Es decir, el objetivo de esta etapa fue determinar si la presentación de un rostro con una expresión determinada genera una categorización de acto de habla distinto a la afirmación.

10.1. Método

10.1.1. Sujetos

Se obtuvieron dos muestras de participantes para la evaluación de los estímulos generados. Cada muestra estuvo compuesta de 20 participantes diestros, con nacionalidad mexicana y de lengua materna español. La primera muestra con una media de edad de 25.7 años ($DE = 3.32$), respondió la mitad del total de enunciados generados. La segunda muestra con una media de edad de 25.6 ($DE = 3.28$) respondió la otra mitad de los enunciados. Cada uno de los participantes firmó un consentimiento informado y llenó una hoja de datos generales.

10.1.2. Materiales

Para el cálculo del número de estímulos necesarios para obtener un adecuado poder estadístico se utilizó el software “Power Analysis with Crossed Random Effects” desarrollado por el Westfall y colaboradores, suponiendo una variación entre participantes, condiciones, estímulos e interacciones como se reporta en otras investigaciones, así como la suposición de un tamaño de efecto de 0.5 (Westfall et al., 2014). Con base en este cálculo se diseñaron un total de 30 estímulos estructurados como afirmaciones, con una valencia neutra en el verbo, verificado con NRC

Sentiment and Emotion Lexicons (Mohammad and Turney, 2010). Los enunciados mantuvieron una media de longitud de palabras de 5.3 ($DE = 1.24$, $Rango = 7 - 4$).

Debido a las diferencias que se mostraba entre los rostros 64 y 184 respecto a los demás, se decidió eliminarlos para así conservar los rostros 19, 28, 75 y 78 de la base de datos CFEE, quienes expresaban mejor la emoción y eran mejor detectados y relacionados con los actos de habla de interés. Para la presentación de los estímulos se utilizaron los mismos materiales que en la etapa anterior, con la adición de una botonera para la generación de respuestas. El análisis de los resultados se realizó con el lenguaje R v.3.5, usando RStudio v. 1.1

10.1.3. Procedimiento

Se eliminaron los estímulos que en la etapa anterior mostraron una mayor tendencia hacia una relación con la exigencia y el ruego. De los restantes, los cuales fueron vinculados con afirmaciones, se buscó mediante la base de datos de thesaurus englobada en Sketch Engine, verbos que mantuvieran una similitud y frecuencia de uso similar, con los cuales se modificaron los enunciados.

Un grupo de 10 jueces verificaron que los enunciados fueran interpretados como afirmaciones. Los 30 estímulos generados se dividieron en dos partes para la evaluación conductual por 20 participantes. Para cada muestra de 15 enunciados se verificó la frecuencia de uso de fracción por millón con Sketch Engine, buscando una distribución normal para todos los verbos.

Con estos estímulos se programó una tarea usando el programa Psychopy para evaluar el efecto de la presentación rápida (250 msec) y lenta (2500 msec) de rostros con cada una de las expresiones emocionales, manteniendo el modelo seguido por (Holtgraves, 2008a) para la evaluación del efecto priming.

En una silla ajustable y cómoda, cada participante observó en la pantalla cada uno de los estímulos, manteniendo fija la mirada por medio del posicionador. Una cruz de fijación precedía a cada bloque, posteriormente se presentaba un rostro, expresando alguna de las tres emociones, en una duración variable de 250 o 2500 ms, seguido de una cruz de fijación de 100 ms, para a continuación presentarse el enunciado (afirmación) cuya duración dependía de la respuesta del participante, después de hacer una selección con la botonera se le solicitaba al participante que categorizara el enunciado leído como exigencia, afirmación o ruego usando nuevamente la botonera (Ver Figura 10.1. De manera verbal se le indicaba al participante como sería la aparición de cada evento y se le pedía que considerara la lectura del enunciado como una oración dicha por la persona cuyo rostro había observado. Antes de

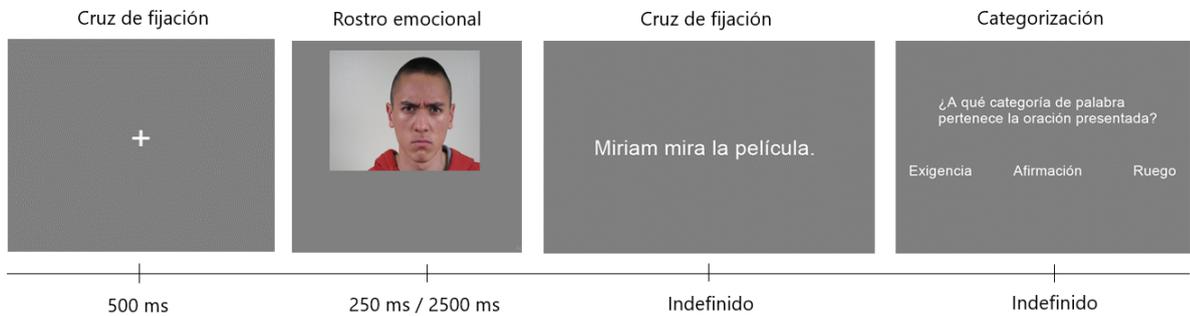


Figura 10.1: Ejemplo de evento de la etapa para verificar la modificación de la categorización de un enunciado como alguno de los actos de habla debida a la presentación previa de un rostro con distinta expresión emocional.

comenzar la tarea se presentaron 5 ensayos de entrenamiento con el fin de asegurarse que el participante hubiera entendido correctamente las instrucciones. Se evaluaron los tiempos de reacción de la lectura de los enunciados y de la categorización de estos, además de la respuesta conductual a cada enunciado.

Al término de la tarea, se le mostraban al participante dos listas. En la primera se le solicitaba calificar usando una escala tipo Likert de 4 puntos qué tan bien cada actor expresaba cada una de las emociones observadas, considerando 1 como muy malo y 4 como excelente. En la segunda lista se le pedía relacionar cada verbo leído con una de las categorías del acto de habla. Se utilizaron las mismas pruebas estadísticas de la etapa anterior para el análisis descriptivo e inferencial de los datos.

10.2. Resultados

Usando el estadístico Shapiro-Wilk se evaluó la distribución de la frecuencia de uso de los verbos de cada muestra. Para los primeros 15 verbos la distribución se asemeja a la normal ($W = 0.97, p > 0.91$), ocurriendo lo mismo para los 15 restantes ($W = 0.93, p > 0.3$), con ello se confirmó la utilización de ambos grupos de verbos en los enunciados.

El análisis de chi-cuadrada mostró que los participantes asocian la emoción con el acto de habla de la siguiente manera: alegría-afirmación, enojo-exigencia y tristeza-ruego, es decir, al leer enunciados afirmativos si se les presentaba un rostro enojado, el enunciado se caracterizaba como una exigencia, sucediendo lo mismo para el caso de tristeza-ruego (Ver Figura 10.3 y tabla A.4, anexos). Se encontró el mismo porcentaje de respuestas de categorización de los enunciados para los dos tiempos de duración de la presentación del rostro.

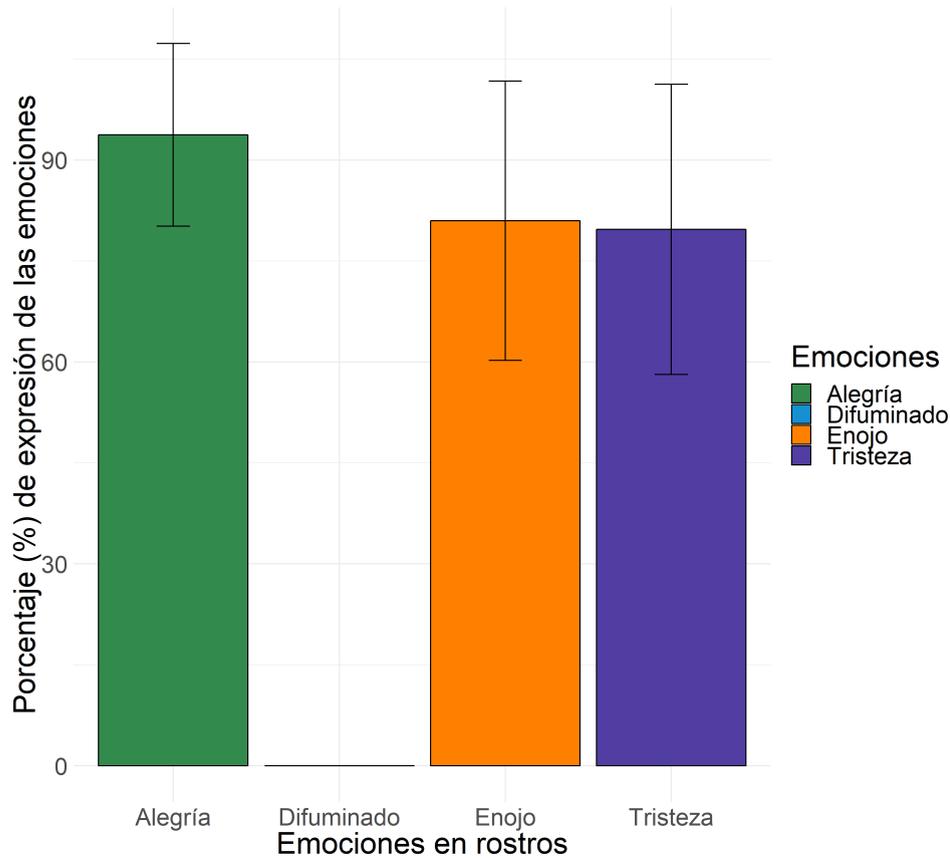


Figura 10.2: Porcentaje (%) del promedio de expresividad de las emociones en los rostros de los actores que fueron presentados en la etapa 4.

En las listas que se presentaron a los participantes para evaluar qué tan bien expresaban los actores las emociones, se encontró que las emociones eran evaluadas como altamente expresivas, con una media de 3.75 (DE=0.54) para el caso de la alegría, 3.23 (DE=0.83) para el enojo, 3.18 (DE= 0.86) y el difuminado tuvo una media de respuesta de 1.10 (DE= 0.36), lo cual corresponde cualitativamente a una consideración de expresividad muy mala, es decir, no extrajeron ningún detalles en la imagen que considerarían como una emoción (ver Figura 10.2)

En cuanto a la lista de clasificación de los verbos como pertenecientes a uno de los actos de habla usados en el presente estudio se encontró que casi la totalidad de los verbos fueron considerados como afirmación o ninguno, con diferencias significativas en comparación con la categoría de exigencia y ruego (Ver tabla A.5, anexos). El verbo sustituir tuvo un porcentaje mayor de clasificación como exigencia, no obstante, no se encontró diferencia significativa con la afirmación ($p > 0.71$), ocurriendo lo mismo con los verbos revisar ($p > 0.41$) y finalizar ($p > 0.71$).

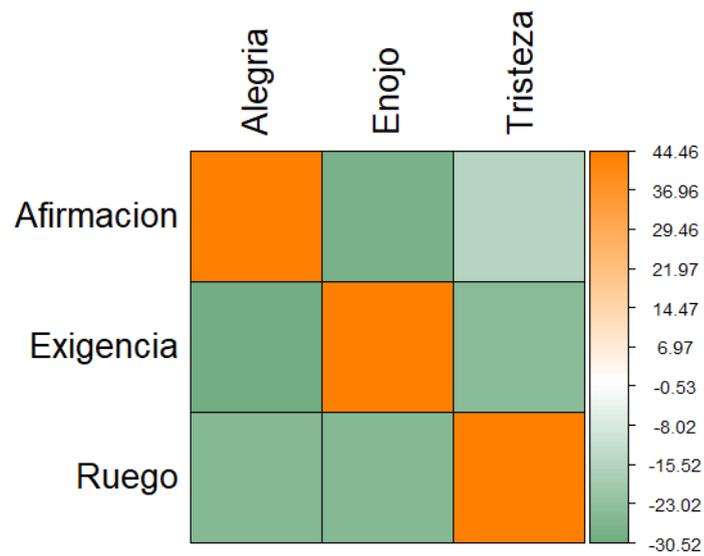


Figura 10.3: Variables que más contribuyen al puntaje total del *chi – cuadrada* mediante los residuos de Pearson, donde los valores positivos (naranjas) indican una mayor asociación entre fila y columna, mientras en los negativos hay asociación negativa (verdes). Se observa una asociación significativa ($p < 0.001$) entre cada categoría de actos de habla (Afirmación, Exigencia y Ruego) y las emociones (Alegria, Enoja y Tristeza).

Capítulo 11

Etapa 5: Activación neural relacionada con la interpretación de un enunciado previa presentación de un rostro con expresión emocional

11.1. Método

11.1.1. Sujetos

La muestra estuvo integrada por 24 (12 mujeres) jóvenes adultos universitarios mexicanos ($M = 22$, $DE = 2.9$) entre 18 y 26 años, lateralidad manual derecha, con un grado de estudios mayor o igual a 12 años, sin antecedentes de distrés psicológico en las últimas dos semanas, evaluados en distintas pruebas psicométricas para descartar aquellos que presentarán dificultades en el entendimiento cotidiano del lenguaje, deficiencias en funciones ejecutivas que permitieran seguir las instrucciones y para la identificación de los procesos cognitivos relacionados con la tarea de interés. Dos participantes fueron descartados debido a la pérdida de datos de la resonancia y la obtención de puntajes inadecuados en la evaluación psicométrica y de la tarea, respectivamente, quedando un total de 22 participantes ($M = 21.68$, $SD = 2.81$). A todos los participantes se les pidió firmar un consentimiento informado, en el que se especificaba el propósito del estudio relacionado a la comprensión del lenguaje escrito y su relación con la observación de rostros emocionales, los procedimientos, la garantía de confidencialidad y la posibilidad de retirarse, además de una explicación sobre el protocolo de resonancia magnética y los requisitos para poder hacer el estudio. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación del instituto de Neurobiología de la UNAM bajo el número de protocolo 0.71H – RM.

11.1.2. Materiales

Se utilizaron los mismos estímulos que en la etapa anterior, manteniendo los 6 actores con mejor expresión emocional (19, 28, 64, 75, 78, 164). Se mantuvieron, además, los 30 enunciados antes evaluados.

Con el fin de homogeneizar los estímulos presentados y adecuar las características de fondo y tamaño se utilizó el software GIMP2 v. 2.10.2. Con el propósito de tener

un rostro base que no expresara una emoción en particular se generó un efecto blur o difuminado para cada uno de los actores presentados en la etapa previa, con este mismo software (ver Figura 11.1).

La presentación de los estímulos se realizó de manera aleatoria, optimizada de acuerdo a diseños de presentación rápida utilizando OptSeq (<http://surfer.nmr.mgh.harvard.edu/optseq>). El diseño y la eficiencia de cada orden de estímulos obtenida en OptSeq, se verificó por medio de Design Diagnostics desarrollado en MatLab (<https://montilab.psych.ucla.edu/designdiagnostics/>).

Los participantes contestaron la prueba de lateralidad manual Edimburgo (Cuenca et al., 1990), de donde se extrajo el puntaje promedio de uso de la mano. Contestaron también el inventario de cuantificación sintomática de distrés psicológico y psicopatológico de las últimas 2 semanas anteriores a la aplicación, en su versión computarizada (SCL-90) (González-Santos et al., 2007). Para la evaluación de las funciones ejecutivas, se utilizaron las pruebas de N-back, Digit Span, Torre de Londres y Go-no-go, contenidas en el software de baterías psicológicas PEBL (Mueller and Piper, 2014). Mientras que la evaluación de habilidad verbal y perceptual se realizó usando la escala estandarizada de inteligencia Wechsler para adultos (Wechsler Adult Intelligence Scale: WAIS IV), así como la prueba leyendo la mente en los ojos (RMET) (Baron-cohen et al., 1997) y la prueba de la historia corta (Dodell-Feder et al., 2013) para la evaluación de Teoría de la Mente o mentalización. También se evaluó la capacidad empática de los participantes usando el índice de reactividad interpersonal (IRI por sus siglas en inglés que ha sido validada para la población hispanohablante (Lucas-Molina et al., 2017).

Las imágenes por resonancia magnética fueron obtenidas en un resonador magnético de 3 Teslas GE MR750 (General Electric, Waukesha, WI) con una antena de 32 canales (32-channel head coil). Para las imágenes funcionales se incluyeron en cada volumen 38 rebanadas (4 mm de grosor) adquiridas con un T2* con un eco de gradiente (TE) ecoplanar (EPI) de 40 ms, un tiempo de repetición (TR) de 2000 ms, un campo de visión de 25.6 cm con matriz de 64 x 64, dando un tamaño isomórfico de 4 x 4 x 4 mm³. Se obtuvieron imágenes estructurales de alta resolución con contraste T1 en volúmenes 3D para el registro anatómico (3D-T1 weighted images).

Los estímulos se presentaron con el programa Psychopy. Se utilizaron unos goggles (NordicNeuroLab, Bergen Norway) para la observación del paradigma, además de un sistema de botones para la obtención de respuesta conductual, ambos compatibles con el resonador magnético.

El pre-procesado de las imágenes de resonancia magnética se realizó usando el pi-

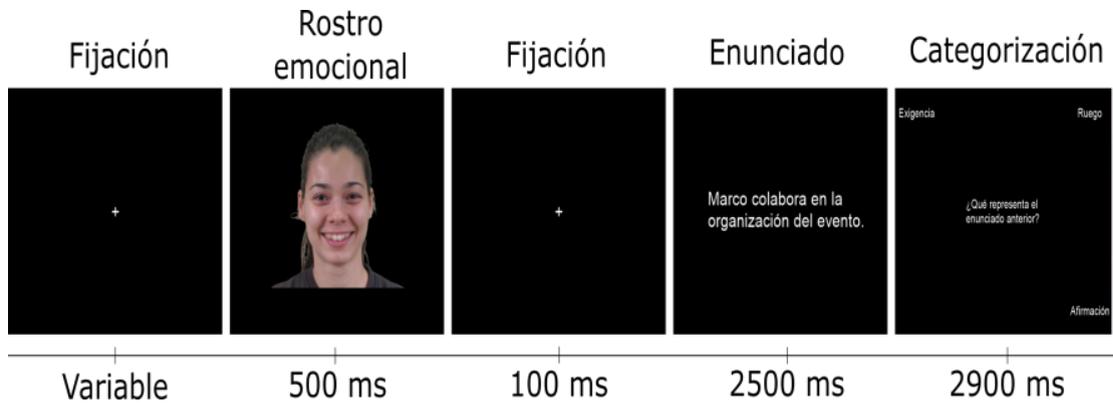


Figura 11.1: Ejemplo de evento de la etapa 5.

peline fMRIPrep v.1.3.0 para datos funcionales (Esteban et al., 2019) Posteriormente, las imágenes se analizaron utilizando el programa FSL 5.06 (FMRIB's software library, www.fmrib.ox.ac.uk/fsl) (Smith et al., 2004) y la herramienta FEAT v. 6.0 para el análisis estadístico (FMRI Expert Analysis Tool using FMRIB's Improved Linear Model – FEAT FILM). Los criterios de umbrales y significación corregido por cluster, de todo el cerebro, fueron de $Z > 2.3$ y $p > 0.05$ respectivamente, usando corrección por comparaciones múltiples (Gaussian Random Field, GRF).

Para el montaje y visualización en toda la corteza (giros y surcos) de los mapas de activación de la señal BOLD se realizó una reconstrucción de cerebros inflados usando el programa Freesurfer (<http://surfer.nmr.mgh.harvard.edu/>) (Dale, 1999). Se utilizó el atlas Harvard-Oxford de regiones corticales y subcorticales correspondientes a la plantilla del Instituto Neurológico de Montreal (MNI152). Los análisis estadísticos se realizaron mediante el software computacional RStudio v. 1.1 del lenguaje R v. 3.5.

11.1.3. Procedimiento

Se generaron dos paradigmas conductuales para la evaluación de los cambios en la respuesta hemodinámica. El primer paradigma (clasificación de actos de habla) buscó la actividad durante la lectura de enunciados posterior a la observación de rostros expresando alguna de las emociones, para ello se utilizó el mismo paradigma conductual de la etapa anterior con algunos ajustes, el primer ajuste fue generar una serie de estímulos control al crear un efecto difuminado para los rostros con expresión neutra para que no tuvieran información que pudiera interpretarse como emocional. La presentación consistió en la observación de un rostro expresivo o difuminado durante 500 ms, dado que no se encontraron diferencias entre 250 y 2500 ms en el estudio previo, se eligieron 500 ms para permitirles a los sujetos obtener más

información del rostro. Después del rostro se presentó una cruz de fijación por 100 ms, seguido de un enunciado afirmativo durante 2500 ms, finalmente se les pidió a los participantes clasificar el enunciado leído como una afirmación, exigencia o ruego, respondiendo por medio de las botoneras (ver Figura 11.1). Adicionalmente, previo a cada evento se agregó una cruz de fijación, para lograr un efecto jittering, es decir un intervalo variable e impredecible, con una duración determinada por OptSeq2

El segundo paradigma (clasificación de rostros emocionales) consistió en la presentación de los rostros emocionales observados en el paradigma de categorización de rostros emocionales, la presentación de los estímulos siguió con la misma duración (ver Figura 11.1 exceptuando que en lugar de la lectura del enunciado solo se observó una cruz de fijación. En esta secuencia el sujeto debía responder a qué emoción correspondía la expresión en el rostro observado.

Antes de iniciar la captura de la imagen cerebral, los participantes hicieron 5 ensayos de prueba para verificar que comprendieran la tarea. Posteriormente, entraban al resonador donde se realizaba un escaneo en estado de reposo durante 10 minutos, para continuar en la realización de la tarea la cual se llevó a cabo en tres corridas. Se añadió la secuencia final de clasificación de emociones. Al finalizar las corridas del paradigma, se tomó un escaneo a T1 de alta resolución.

Posterior a la realización de la tarea en el resonador, los participantes rellenaron las mismas listas aplicadas en la etapa anterior, donde se solicitó puntuar en una escala tipo Likert la evaluación de la expresión de las emociones de los rostros y la categorización del verbo como una categoría de acto de habla.

La señal dependiente del nivel de oxigenación en sangre (BOLD) se analizó durante la presentación de los enunciados afirmativos, posterior a la observación de rostros con y sin expresión emocional. El análisis estadístico de los cambios hemodinámicos se realizó con el modelo lineal general (MLG) (Friston et al., 1995), incluyendo las siguientes variables como regresores: enunciado previa observación de rostro alegre (Al), enojado (En), triste (Tr) y difuminado (Sr). El análisis por sujeto (primer nivel) se realizó usando un modelo de efectos fijos, mediante el cual se analizaron las regiones donde se observara un aumento en la señal BOLD en cada una de las condiciones. Con el análisis de nivel intermedio con modelo de efectos fijos, se obtuvo el promedio de las tres corridas y se realizaron los contrastes de interés. Para la evaluación del efecto de la observación de rostros emocionales en la lectura del enunciado más que el control, se realizaron los siguientes contrastes $Al > Sr$, $En > Sr$, $Tr > Sr$, $Al \cup En \cup Tr > Sr$, $Sr > Al$, $Sr > En$, $Sr > Tr$ y $Sr > Al \cup En \cup Tr$; y para la comparación diferencial entre emociones se hicieron

$Al > En$, $En > Al$, $Al > Tr$, $Tr > Al$, $En > Tr$ y $Tr > En$. Posteriormente se realizó un análisis de tercer nivel, de efectos mixtos, para promediar el porcentaje de cambio de la señal BOLD de todos los participantes, usando un umbral de significancia para clúster de $p < 0.05$ y de $z > 2.3$.

Para el análisis de las regiones de interés (ROIs, por sus siglas en inglés) se determinaron aquellas regiones que mostraron cambios de la señal BOLD de acuerdo al análisis de promedio de grupo de los contrastes de emociones más que el rostro difuminado ($Al > Sr$, $En > Sr$, $Tr > Sr$ y $AET > Sr$), las cuales se encuentran, de acuerdo a las coordenadas espaciales del vóxel [x y z] según el atlas MNI en el giro angular derecho [58 -50 34], giro cingulado izquierdo [0 -32 40], fisura intracalcarina derecha [10 -76 12], giro frontal medial izquierdo (MFGl) [-52 8 40] y derecho (MFGr) [-34 30 -4], giro temporal medial izquierdo (MTGl) [-52 -46 0] y derecho (MTGr) [46 -32 -2], giro paracingulado izquierdo [-4 14 46], giro orbitofrontal izquierdo [-34 30 -4], giro lingual izquierdo [-14 -52 0], giro frontal inferior derecho [42 14 22], giro fusiforme temporo-occipital izquierdo [-38 -52 -20], y giro frontal superior derecho [4 58 28]. Se definió cada ROI como una esfera espacial de 5mm alrededor de cada vóxel definido por las coordenadas. Todas las regiones fueron definidas de acuerdo con protocolos descritos, utilizando las áreas con un aumento de la actividad BOLD en las condiciones experimentales respecto a la base de rostro difuminado, para posteriormente realizar la extracción de los promedios del cambio del porcentaje de la señal BOLD.

Para la caracterización de la conectividad funcional de redes neurales debida a la realización del paradigma, se realizó un análisis de interacción psicofisiológica (PPI, por sus siglas en inglés) (Friston et al., 1997). Evaluando la influencia cognitiva por la tarea (factor psicológico) en el acoplamiento funcional (conectividad funcional). Se usaron como ROIs estructuras previamente descritas como involucradas en la escucha de estímulos lingüísticos con la observación de rostros (Wang et al., 2006) y las reportadas como específicas de la observación de rostros emocionales sobre neutros (Fusar-Poli et al., 2009), además de las áreas que mostraron un pico máximo de activación en los contrastes de interés. Las ROIs se definieron con 5mm, para obtener el curso temporal de la señal en cada uno de ellos, para cada una de las condiciones. Se siguió el mismo procedimiento de análisis de todo el cerebro usando el MLG, con el curso temporal como otra variable explicativa ó regresor fisiológico, añadiendo cada condición experimental como regresor psicológico.

11.2. Resultados

11.2.1. Pruebas neuropsicológicas

El desempeño de los participantes en las pruebas psicométricas en el dominio general y específico fue adecuado, mostraron comprensión del lenguaje y funciones cognitivas intactas, sin distrés psicológico en las últimas dos semanas anteriores a la evaluación. Las medias (M) y desviaciones estándar (DE) de todos los participantes fueron calculados para obtener las puntuaciones para cada prueba (Tabla 11.1).

		Pruebas psicométricas	Media \pm DE	Rango Normativo
		SCL-90	0.69 \pm 0.39	1.42
		ICV	108 \pm 13.33	90 – 110
		IRP	110 \pm 11.22	90 – 110
		ICG	110 \pm 11.70	90 – 110
Dominio General	Funciones Ejecutivas	TOL	56 \pm 16.68	T : 90
		N-Back	154.6 \pm 12.5	T : 222
		Local Global	0.93 \pm 0.03	T : > 0.8
		Go-No-Go	309 \pm 8.10	T : 325
		DigitSpan	6.72 \pm 1.35	7 \pm 2
		Fluidez verbal	21 \pm 5	> 5
		Dominio Específico	IRI	Toma de perspectiva
Escala de fantasía	14.68 \pm 6.04			15.02
Preocupación empática	18.13 \pm 5.46			18.35
Angustia personal	12.5 \pm 5.36			12.43
Historia corta	Inferencia espontánea			0 \pm 0.39
	Comprensión	7 \pm 1.97	6 – 10	
	Razonamiento EM	8 \pm 2.05	8.6 \pm 2	
		RMET	26 \pm 3	T : 36

Tabla 11.1: Batería de pruebas psicométricas. Se muestra la media y desviación estándar (DE) de cada prueba del total de participantes (n=22), además del rango normativo de cada una de ellas. ICV=Índice de Comprensión Verbal, IRP=Índice de Razonamiento Perceptual, ICG=Índice de Capacidad General. Para las pruebas que no cuentan con un rango normativo se presenta el máximo puntaje posible (T).

11.2.2. Tarea de clasificación actos de habla

Se analizaron los datos conductuales de la tarea de clasificación resuelta mientras se encontraban en el resonador, mediante un análisis de chi-cuadrada. Los resultados mostraron la tendencia repetida en las etapas anteriores $X^2(9, 16) = 1047.8$, $p < 0.001$, con una predominancia en la asociación entre Alegría con Afirmación, Enojo con Exigencia y Tristeza con Ruego, aunque ésta última en un grado menor (ver Figura 11.2). Para analizar las diferencias en el tiempo de categorización se obtuvo la forma de la distribución mediante la prueba Shapiro-Wilk que mostró una no normalidad de los datos $W = 0.974$, $p < 0.001$, por lo cual se realizó un análisis de Kruskal Wallis. Los resultados mostraron un tiempo promedio de clasificación de 1.56 segundos ($DE = 0.65$), habiendo una diferencia significativa entre las condiciones [$W(15, 16) = 73.931$, $p < 0.001$], donde la condición Alegría-Afirmación ($M = 1.494$, $DE = 0.5$) tuvo un promedio significativamente menor respecto a la condición Enojo-Exigencia ($M = 1.617$, $DE = 0.5$, $p > 0.01$), a la de Enojo-Ruego ($M = 1.62$, $DE = 0.6$, $p < 0.04$), y Tristeza-Exigencia ($M = 1.55$, $DE = 0.62$, $p < 0.001$). El tiempo de clasificación para la condición Enojo-Exigencia fue diferente respecto al difuminado (Sr)-Afirmación ($M = 1.482$, $DE = 0.5$), $p < 0.01$) y a Tristeza-Ruego ($M = 1.482$, $DE = 0.5$, $p < 0.022$), es decir, el binomio Enojo-Exigencia requirió significativamente más tiempo para su clasificación.

11.2.3. Tarea de clasificación de emociones

Por otra parte, los resultados de la clasificación de emociones mostraron un patrón de respuesta similar a la tarea de clasificación de actos de habla, con diferencia en la respuesta de la condición de rostro difuminado (Sr). Mediante el análisis de chi-cuadrada se encontró una diferencia significativa en la clasificación [$X^2(9, 16) = 638.37$, $p < 0.001$]. Las respuestas fueron casi todas acorde a los rostros emocionales, con pequeños errores en tristeza y enojo, como era de esperar, el rostro difuminado no fue relacionado con ninguna emoción en particular (ver Figura 11.3). El tiempo de respuesta promedio fue de 1.478 segundos ($DE = 0.6$), similar a la tarea anterior.

11.2.4. Análisis Estadístico de Imágenes de Resonancia Funcional

Con el objetivo de conocer la posible existencia de reclutamiento diferencial de estructuras en la lectura de enunciados previa presentación de rostros expresando emociones de alegría, enojo, tristeza en relación con el difuminado utilizado como control,

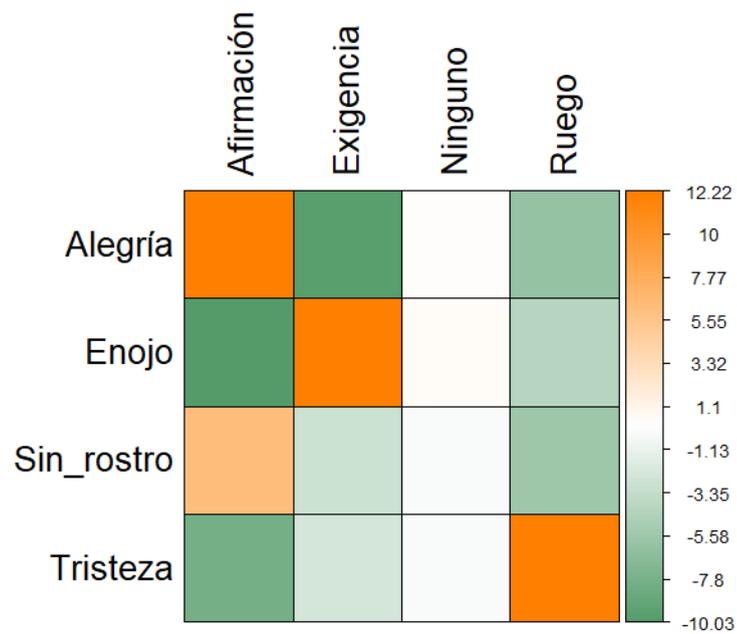


Figura 11.2: Variables que más contribuyen al puntaje total del chi-cuadrado mediante los residuos Pearson, donde los valores positivos (naranjas) indican una mayor asociación entre fila y columna, mientras en los negativos hay asociación negativa (verdes). Se observa una asociación significativa del grupo de fRMI ($p < 0.001$) entre cada categoría de los actos de habla con las emociones, de la tarea de clasificación de actos de habla.

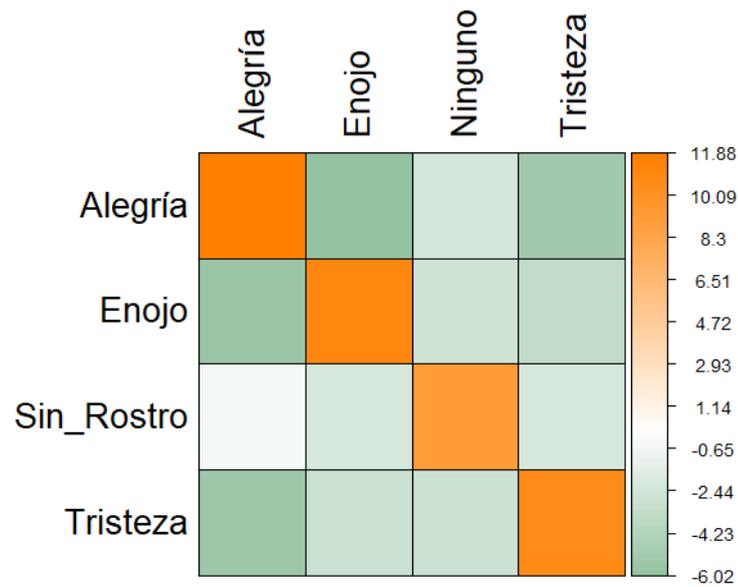


Figura 11.3: Variables que más contribuyen al puntaje total del chi-cuadrado mediante los residuos Pearson, donde los valores positivos (naranjas) indican una mayor asociación entre fila y columna, mientras en los negativos hay asociación negativa (verdes). Se observa una asociación significativa del grupo de fMRI ($p < 0.001$) entre cada categoría de los actos de habla con las emociones, de la tarea de clasificación de emociones.

se realizó un análisis de resonancia magnética funcional con efectos mixtos en todo el cerebro. Las regiones anatómicas fueron determinadas con el atlas Harvard-Oxford de regiones corticales y subcorticales (http://www.cma.mgh.harvard.edu/fsl_atlas.html) con las coordenadas correspondientes al template del MNI152. En la Tabla 11.2 se representa el tamaño del clúster, el valor z de los voxels con mayor significancia, las coordenadas de cada grupo de voxels con valor pico más alto de activación, así como la lateralidad y la región anatómica de acuerdo con el atlas mencionado. Los mapas fueron montados en freesurfer y fsl.

La activación promedio relacionada a la lectura de los enunciados previa observación de rostros con las distintas emociones se encuentra en coordenadas correspondientes a áreas primarias de lectura de rostros, áreas motoras, parietales y frontales de lenguaje. En la comparación con la activación resultante de las emociones con el rostro difuminado se observan zonas de procesamiento lingüístico y de reconocimiento de caras.

Los resultados de los promedios de activación para cada tipo de rostro emocional se encuentran en los Anexos en las Figuras A.2, A.3, A.4, A.5.

Los resultados del análisis funcional de todo el cerebro durante la comprensión

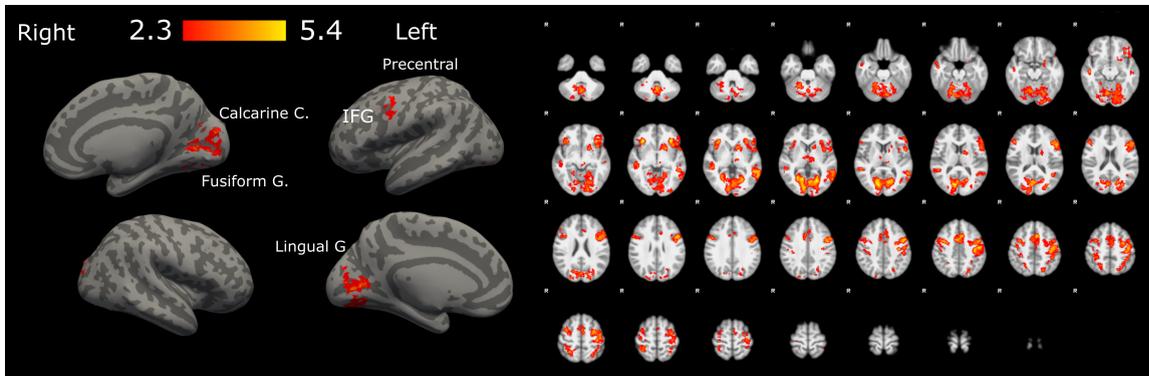


Figura 11.4: Mapa de activación de todo el cerebro de los participantes. Clústers significativos del contraste A1>Sr. La barra representa los puntajes Z, de 2.3 a 5.4. Se muestra activación principalmente en regiones occipitales de manera bilateral, específicamente en giros fusiforme, lingual, fisuras intra y supra calcarina, además de un clúster en el giro prefrontal que abarca segmentos del giro frontal inferior pars opercularis.

de los enunciados previa observación de los rostros con connotación emocional de alegría, contrastadas con la condición de observación previa de rostros difuminados (A1>Sr), muestran un cambio de señal BOLD en regiones occipitales de manera bilateral, específicamente en giros fusiforme, lingual, fisuras intra y supra calcarina, además de un clúster en el giro prefrontal que abarca segmentos del giro frontal inferior pars opercularis (Ver Figura 11.4).

La condición de observación de rostros enojados (En>Sr), en contraste con el difuminado, produjo un mayor número de clústers en las mismas zonas de la condición de alegría, salvo un cambio de señal también en los giros cingulado anterior, paracingulado, temporal medial y superior, frontal medial, y áreas subcorticales en putamen, caudado y tálamo (Ver Figura 11.5).

El aumento de actividad del contraste de rostro triste (Tr>Sr), en comparación con el difuminado fue en áreas cerebrales, posteriores, iguales a la condición de alegría, incluyendo el giro paracingulado y el temporal medial (Ver Figura 11.6).

Por otra parte, el rostro difuminado produjo una activación diferencial respecto a las emociones anteriores, sin activaciones frontales, únicamente en zonas más posteriores de la corteza, predominantemente en el giro angular y cingulado posterior, además de una pequeña zona en el giro supramarginal (Ver Figura 11.7).

Entre las emociones evaluadas, se encontró cambio en la señal de manera diferencial entre el enojo con las otras dos emociones. En contraste con la alegría, la corteza orbitofrontal se encontró activa, además de una zona frontal cercana al prefrontal medial, mientras que, con la tristeza, el lóbulo parietal superior, el giro postcen-

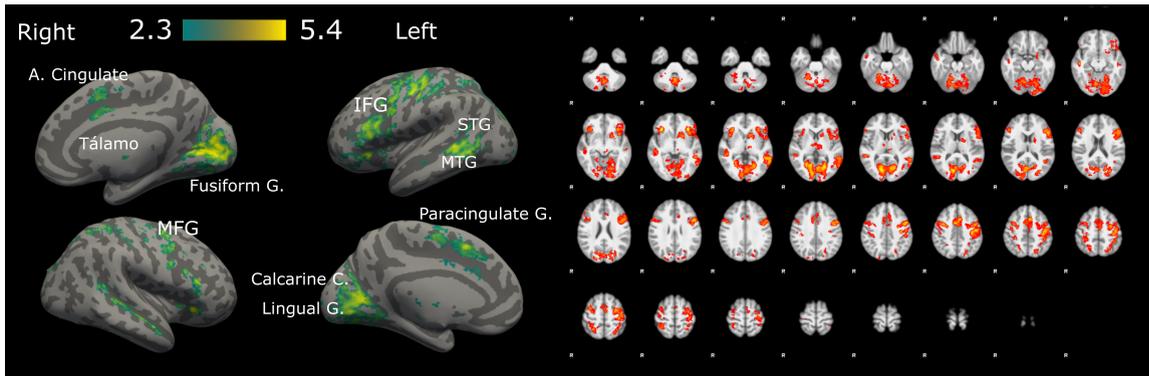


Figura 11.5: Mapa de activación de todo el cerebro de los participantes. Clústers significativos del contraste En>Sr. La barra representa los puntajes Z, de 2.3 a 5.4. Se muestra activación en regiones occipitales de manera bilateral, específicamente en giros fusiforme, lingual, fisuras intra y supra calcarina, un clúster en el giro prefrontal que abarca segmentos del giro frontal inferior pars opercularis, los giros cingulado anterior, paracingulado, temporal medial y superior, frontal medial, y áreas subcorticales en putamen, caudado y tálamo.

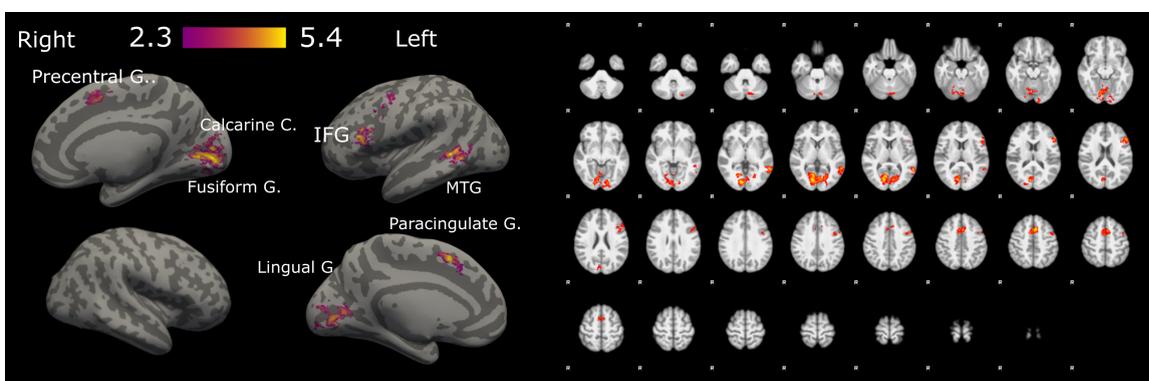


Figura 11.6: Mapa de activación de todo el cerebro de los participantes. Clústers significativos del contraste Tr>Sr. La barra representa los puntajes Z, de 2.3 a 5.4. Se muestra activación en áreas cerebrales posteriores, igual a la condición de alegría, incluyendo el giro paracingulado y el temporal medial.

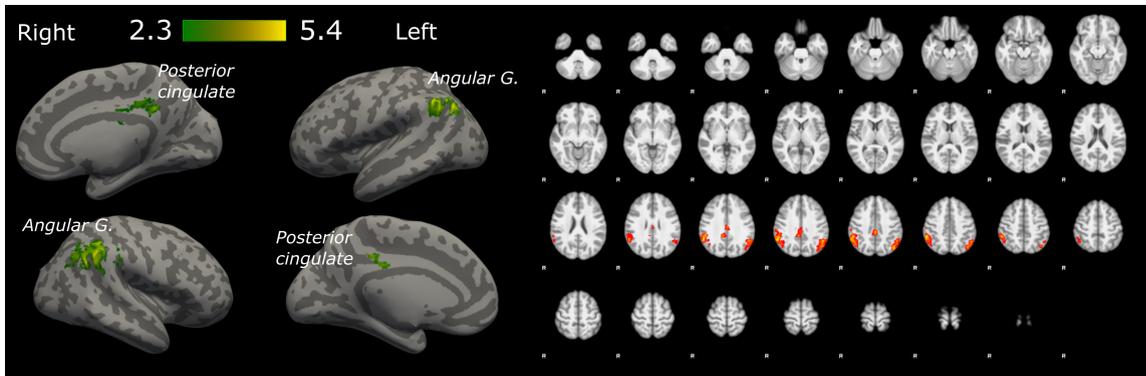


Figura 11.7: Mapa de activación de todo el cerebro de los participantes. Clústers significativos del contraste Sr>AET. La barra representa los puntajes Z, de 2.3 a 5.4. Se presenta activación en zonas más posteriores de la corteza, predominantemente en el giro angular y cingulado posterior, además de una pequeña zona en el giro supramarginal.

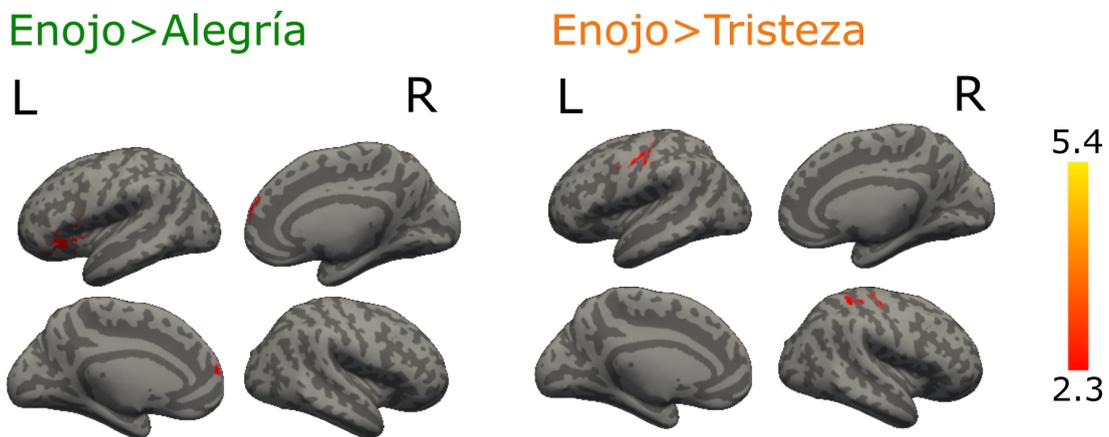


Figura 11.8: Mapas de activación de los contrastes para el enajo respecto a las emociones de alegría y tristeza, respectivamente. La barra representa los puntajes Z, de 2.3 a 5.4.

tral y precentral se mostraron diferencias (Ver Figura 11.8). No hubo ninguna otra diferencia en el patrón de activación entre emociones.

El análisis estadístico de la corrida final de clasificación de emociones se modeló la presentación de los rostros donde se encontró un aumento de señal BOLD en diversas áreas. Por una parte, en el contraste de todas las emociones unidas (Alegría \cup Enajo \cup Tristeza) respecto al difuminado (Sr) se observó activación en la corteza fusiforme temporo-occipital, giro temporal medial, lingual, supramarginal, paracingular, frontal medial, así como una región en el precentral que se extiende hasta el frontal inferior. Por otra parte, en el contraste del difuminado, respecto a todas las emociones, se observó un aumento principalmente en el giro supramarginal y paracingulado, además en el lingual, cingulado posterior, frontal medial y superior

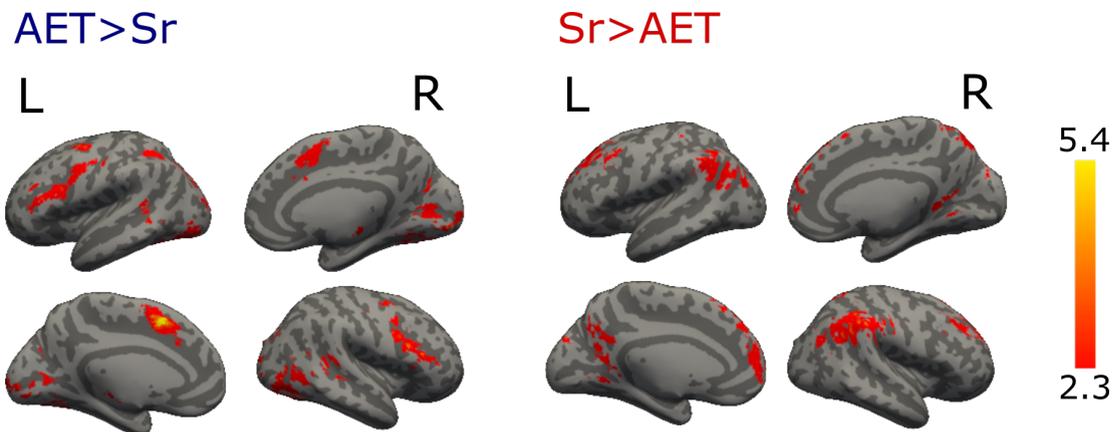


Figura 11.9: Mapas de activación de las condiciones de todos los rostros emociones (AET) respecto al difuminado (Sr) y viceversa. La barra representa los puntajes Z, de 2.3 a 5.4.

(Ver Figura 11.9).

Se realizó una comparación adicional para evaluar las diferencias entre el cambio de señal BOLD presentada durante la tarea de clasificación de actos de habla (modelando la respuesta hemodinámica durante la presentación del enunciado) y el cambio de señal durante la clasificación de emociones (modelando la respuesta hemodinámica durante la presentación del rostro), y viceversa. La tarea de clasificación de actos de habla produjo cambios en la actividad en zonas principalmente posteriores, específicamente en el giro lingual, cúneo, giros cingulado posterior, temporal medial, así como zonas anteriores en el precentral, frontal medial, inferior (pars triangularis) y superior, y en el prefrontal medial. Mientras que los rostros emocionales, en contraste con los enunciados, produjeron un cambio en la señal principalmente en el giro fusiforme temporo-occipital, giro lateral occipital, en el giro precentral que se extiende hasta frontal inferior, el paracingulado y el orbitofrontal (Ver Figura 11.10).

Con el objetivo de conocer si hubo diferencias entre hombres y mujeres respecto a las áreas de activación cuando realizaron la tarea de clasificación de actos de habla, se subdividió el grupo de participantes dependiendo del sexo, realizando la comparación de cambio de señal BOLD. El subgrupo de las mujeres genera, respecto a los hombres, un cambio de actividad en distintas zonas, destacando el giro supramarginal, lóbulo parietal superior, precúneo, lingual, frontal medio, postcentral, angular y prefrontal medial. Mientras que, en los hombres, el mayor cambio se generó en el precúneo y en el prefrontal medial, además del giro frontal inferior, el temporal superior, lingual, precentral, parahipocampal, orbitofrontal y el cingulado anterior (Ver Figura 11.11).

Los resultados de puntuación de emociones y de categorización de verbos de las

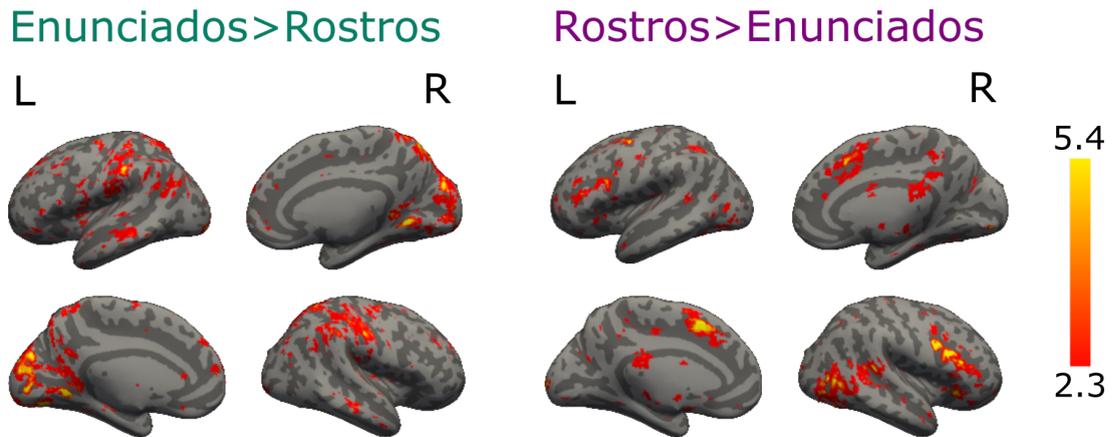


Figura 11.10: Mapas de activación de todas las condiciones (AETSr) durante la tarea de clasificación de actos de habla (Enunciados) respecto a la tarea de clasificación de emociones (Rostros), y viceversa. La barra representa los puntajes Z, de 2.3 a 5.4.

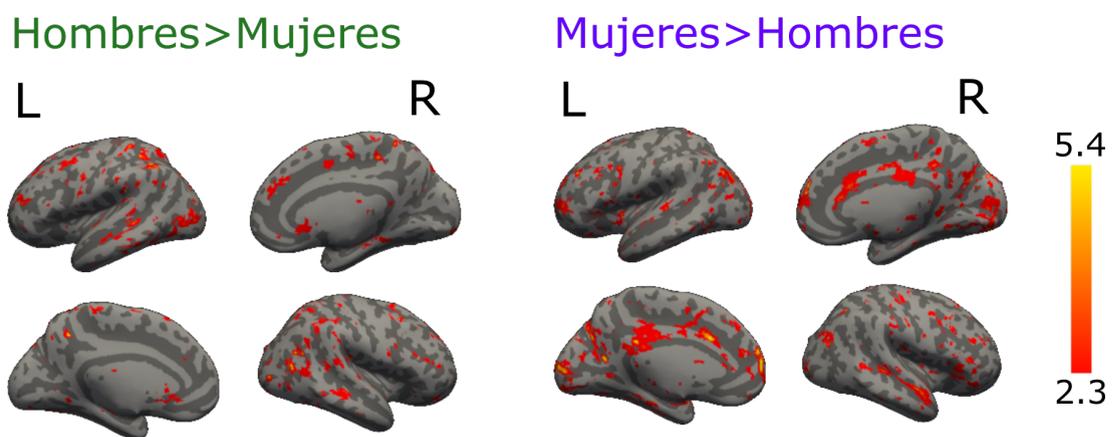


Figura 11.11: Mapas de activación diferencial de todas las condiciones (AETSr) entre hombres y mujeres. La barra representa los puntajes Z, de 2.3 a 5.4.

listas aplicadas posterior al escaneo en el resonador, fueron casi idénticos a la etapa 4 (Datos no mostrados).

11.2.5. Análisis de conectividad funcional

Para la evaluación de si existen áreas que se activan en conjunto con otras regiones del cerebro durante la tarea de clasificación de actos de habla se realizó un análisis de interacción psicofisiológica (PPI), en áreas reportadas previamente como regiones de interés (Fusar-Poli et al., 2009; Wang et al., 2006) y en zonas activas en el análisis del cambio de la señal BOLD durante la tarea en los contrastes entre rostros emocionales y rostro difuminado. Se encontró que, en la condición de alegría más que el rostro difuminado, el giro fusiforme izquierdo estaba activo junto con el parietal superior izquierdo y precúneo derecho, además de una zona precentral (Ver Figura 11.12). Por otra parte, hubo conectividad entre diversas zonas de manera diferencial entre emociones. La presentación del rostro alegre, en contraste con el enojo, mostró conectividad entre el fusiforme derecho con la corteza precentral izquierda. En esta misma emoción en contraste con la tristeza se encontró conectividad entre el fusiforme derecho y lingual con el precentral, también el giro frontal medio presenta conectividad con el poscentral, precentral y cingulado, además, del paracingulado con el frontal medio. En el contraste inverso, tristeza > alegría se encontró conectividad entre el prefrontal izquierdo con la zona medial contralateral en esta misma región. Mientras que en el contraste difuminado > Alegría + Enojo + Tristeza la conectividad se restringe al giro temporal medial con el giro lingual y el precúneo, de manera ipsilateral (Figura 11.13).

11.2.6. Análisis de Regresión múltiple

Para evaluar si existen variables psicométricas que puedan funcionar como predictores del cambio de la señal BOLD se realizó un análisis de regresión lineal múltiple tipo escalonado mixto (stepwise). Para ello, se obtuvieron los puntajes naturales de las pruebas psicométricas aplicadas, y se calcularon dos análisis de regresión múltiple. El primero para las funciones de dominio general (ver tabla 11.3) y el segundo para las funciones de dominio específico. Para ambos análisis la variable dependiente fue el cambio promedio de la señal BOLD en cada uno de los picos máximos (MFGl, MFGr, MTGl, MTGr, Orbitofrontal, Paracingulado y fisura Intracalcari-na) obtenidos en el contraste de todas las emociones más que el rostro difuminado (AET > Sr), tomadas como ROIs usando la herramienta featquery en fsl. Para cada una de las regresiones se verificó que se cumplieran los requisitos estadísticos. To-

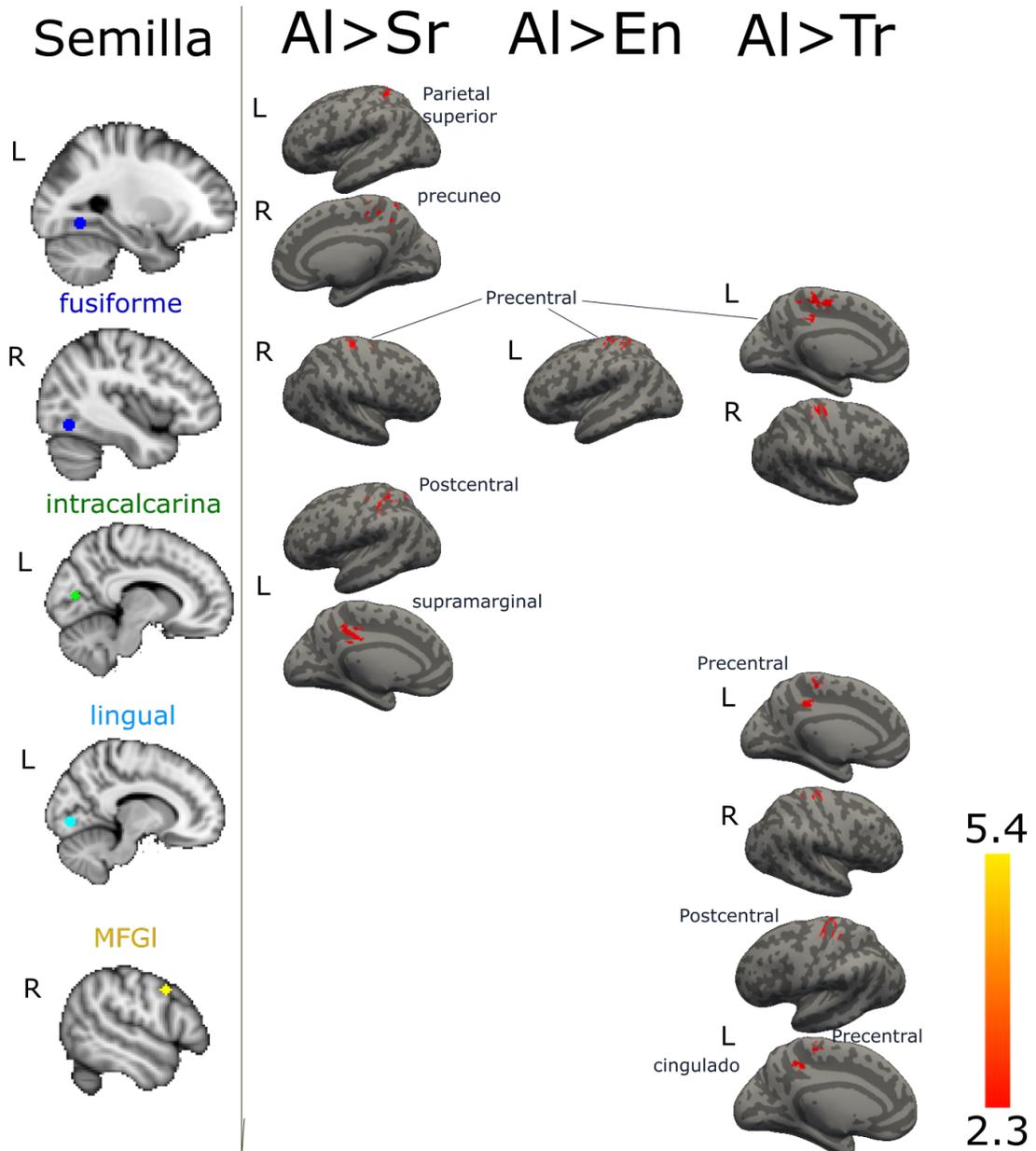


Figura 11.12: Conectividad funcional durante la tarea de clasificación de actos de habla en los contrastes de alegría. En el contraste Alegría>difuminado (Sr) se observa actividad en conjunta del fusiforme izquierdo con precentral y precúneo, además entre la fisura intracalcarina con el supramarginal y postcentral. Para el contraste Alegría>Enojo y Alegría>Tristeza, el fusiforme derecho y el lingual derecho, respectivamente, parecen trabajar en conjunto con el precentral, asimismo, para el contraste Alegría>Tristeza, la fisura intracalcarina derecha y el giro frontal medio izquierdo (MFGI) se activan en conjunto con el giro cingulado. Al: Alegría, En: Enojo, Tr: Tristeza, Sr: Difuminado.

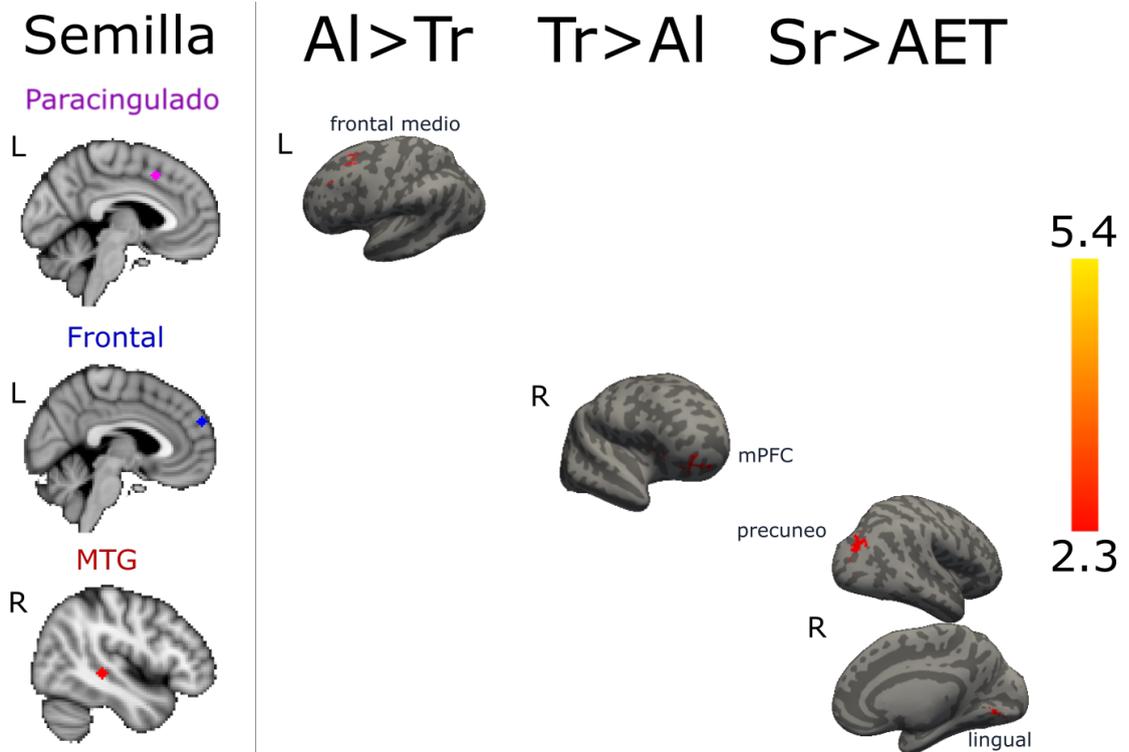


Figura 11.13: Conectividad funcional durante la tarea de clasificación de actos de habla en los contrastes de Alegría>Tristeza, Tristeza>Alegría y rostro difuminado (Sr)>todas las emociones (AET). En el contraste Alegría>Tristeza se observa una conectividad entre el giro paracingulado izquierdo con el giro frontal medio. Por otra parte, en el contraste de Tristeza>Alegría el giro frontal medial izquierdo se conecta con una región más ventral de la misma área. Finalmente, en el contraste de Sr>AET existe una vinculación entre el giro temporal medio con el giro lingual, precúneo y el giro lateral occipital. Al: Alegría, En: Enojo, Tr: Tristeza, Sr: Difuminado, mPFC: corteza prefrontal medial, MTG: giro temporal medio.

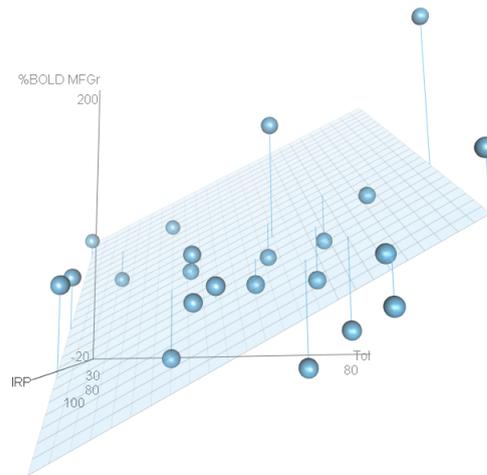


Figura 11.14: Torre de Londres (Tol) e índice de razonamiento perceptual (IRP) como variables predictoras del cambio de señal BOLD, expresado como porcentaje, para el giro frontal medio derecho (MFGGr). Mayores puntajes en ambas tareas predicen mayor cambio en la señal hemodinámica.

das las variables independientes eran datos escalares, se analizó mediante el test de Shapiro-Wilk que el error residual para cada uno de los modelos generados se distribuyese normalmente, para la determinación de la existencia de heterocedasticidad se utilizó el test de Breusch-Pagan. Esta prueba indicó que no existían evidencias de falta de homocedasticidad, se realizó, además, un análisis de inflación de varianza el cual mostró que ninguno de los predictores mantenía una correlación lineal muy alta (multicolinearidad) ni inflación de varianza, tampoco se detectó una autocorrelación entre variables mediante el test Durbin-Watson.

Los resultados mostraron que las funciones de dominio general predijeron el cambio en la señal BOLD en dos áreas de interés. Los puntajes de la Torre de Londres (Tol) y el índice de razonamiento perceptual (IRP) evaluado con el WAIS IV en conjunto predicen el 29% de la varianza del cambio en la señal BOLD en la región del giro frontal medio derecho ($F(2, 19) = 5.409$, $R^2 = 0.36$, $R_{ajustada}^2 = 0.29$, $p < 0.01$). Para el paracingulado izquierdo, las pruebas del Digit span (Dspan), Gono-go (GNG), Local global (LG), Tol, y el índice de comprensión verbal del WAIS IV (ICV) predijeron el 30% de la varianza en el porcentaje del cambio de señal BOLD ($F(5, 16) = 2.919$, $R^2 = 0.47$, $R_{ajustada}^2 = 0.313$, $p < 0.046$).

Los puntajes de las funciones de dominio específico también parecen predecir el cambio en la señal en algunas regiones. Por un lado, en el giro frontal medio izquierdo, la calificación en el RMET, el razonamiento del estado mental (REM) e

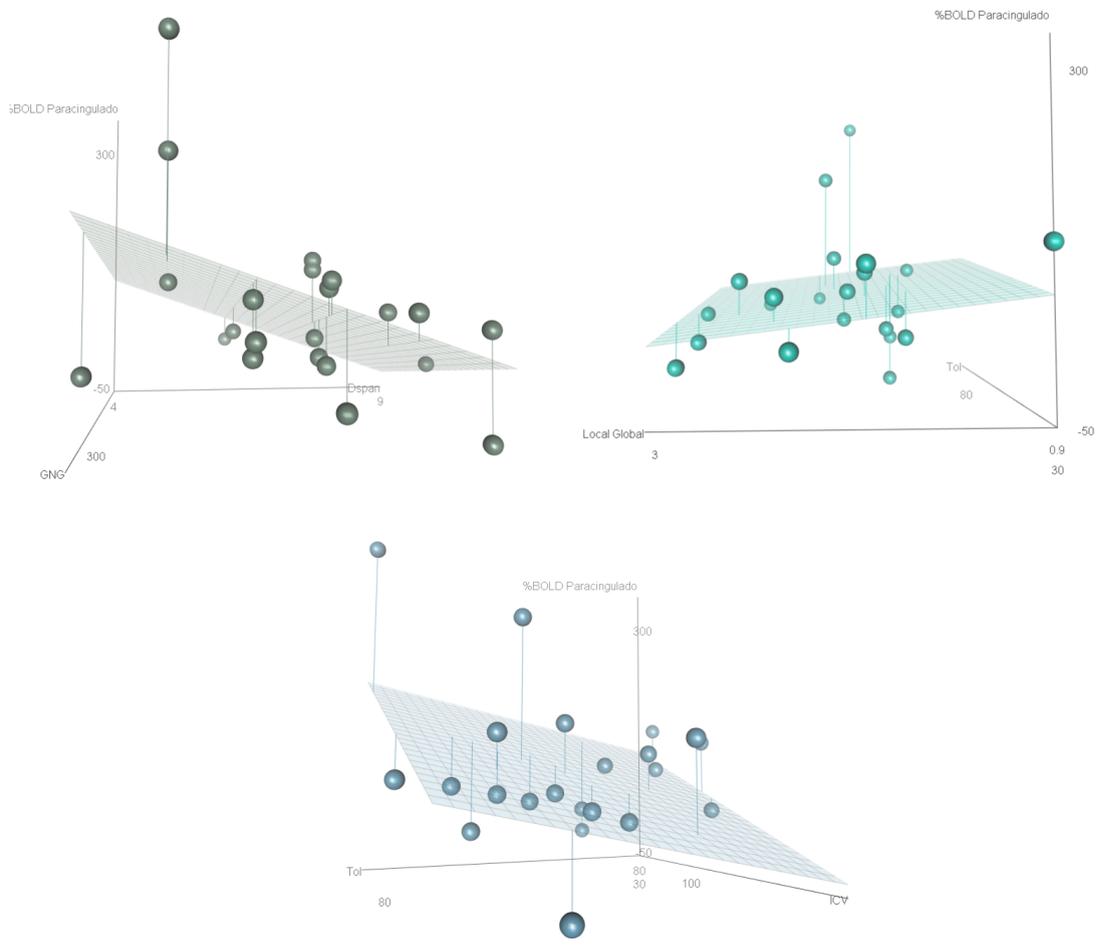


Figura 11.15: Puntajes en las tareas de funciones ejecutivas Go no go (GNG), Digit span (Dspan), Local Global y Torre de Londres (Tol) como variables predictoras del cambio de la señal BOLD, expresado como porcentaje, para el giro paracingulado izquierdo. Para las primeras variables los mayores puntajes en las tareas se correlacionan con menor cambio en la señal hemodinámica, mientras que lo contrario ocurre con los puntajes en la última tarea.



Figura 11.16: Angustia personal (PD), escala de fantasía (FS), RMET e inferencia espontánea (Explícita) como variables predictoras del cambio de la señal BOLD, en porcentaje, para el giro orbitofrontal izquierdo. En general a mayores puntajes, mayor cambio en la señal hemodinámica.

inferencia espontánea (IE) de la historia corta, la escala de fantasía (FS) y angustia personal (PD) del IRI parecen predecir el 52 % de la variabilidad observada en esta área ($F(4, 17) = 6.845$, $R^2 = 0.61$, $R_{ajustada}^2 = 0.52$, $p < 0.001$). De la misma manera, en el giro temporal izquierdo las variables que parecen predecir el 51 % de la variabilidad nuevamente son el RMET, REM, FS, además de la preocupación empática (EC) evaluada con el IRI ($F(5, 16) = 5.213$, $R^2 = 0.61$, $R_{ajustada}^2 = 0.51$, $p < 0.004$). Para el giro orbitofrontal, son las mismas variables las que predicen el cambio en la señal hemodinámica, es decir, las calificaciones en el RMET, REM, IE, FS, PD, junto con la toma de perspectiva (PT) del IRI ($F(5, 16) = 2.305$, $R^2 = 0.41$, $R_{ajustada}^2 = 0.23$, $p < 0.047$).

Por otra parte, en la fisura intracalcarina derecha, el número de respuestas correctas en la tarea de clasificación de actos de habla y el tiempo de reacción predijeron el 20 % de la varianza en esta zona ($F(2, 19)$, $R^2 = 0.30$, $R_{ajustada}^2 = 0.22$, $p < 0.033$).

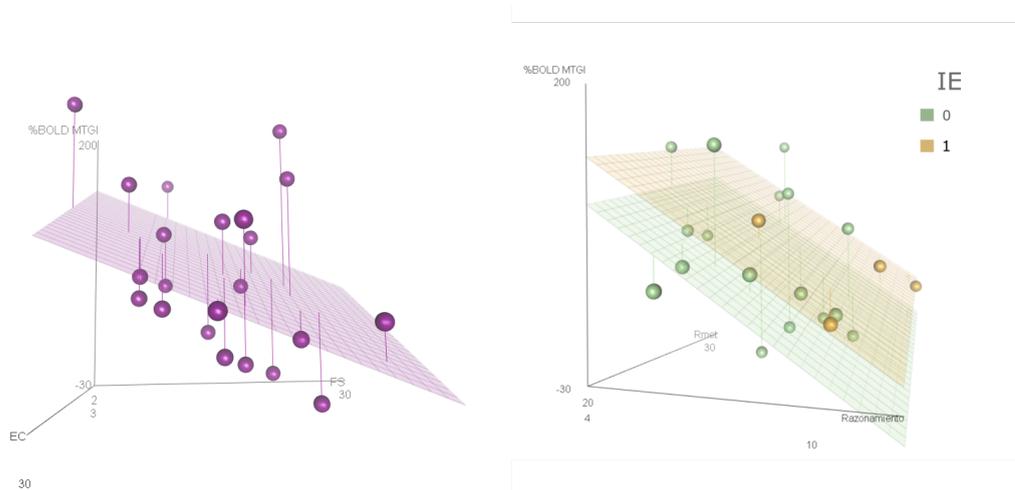


Figura 11.17: Preocupación empática (EC), escala de fantasía (FS), RMET, Razonamiento del estado mental (Razonamiento) e inferencia del estado mental (IE) como variables predictoras del cambio de la señal BOLD, en porcentaje, para el giro temporal medio izquierdo. En general a menor puntaje mayor cambio en la señal hemodinámica.

Vóxeles	Z	X	Y	Z	H	Regiones anatómicas
Alegría>Difuminado						
2733	3.73	-14	-80	-8	L	Giro fusiforme Occipital
300	3.31	-46	0	34	L	Giro precentral
Tristeza>Difuminado						
2508	3.93	14	-78	4	R	Corteza Intracalcarina
558	3.82	-4	14	48	L	Giro Paracingulado
539	3.45	-52	26	20	L	Giro Frontal Inferior (IFG)
334	3.58	-60	-48	2	L	Giro Temporal Medial (MTG)
Enojo>Difuminado						
15671	4.47	10	-76	12	R	Corteza Intracalcarina
1477	3.84	36	2	44	R	Giro Frontal Medio (MFG)
1325	4.27	-4	14	46	L	Giro Paracingulado
1074	4.23	-52	-46	0	L	Giro Temporal Medio (MTG)
617	3.86	50	-16	-12	R	Giro Temporal Medio (MTG)
599	3.65	30	-52	-4	L	Lóbulo Parietal Superior
538	3.5	-20	10	-4	L	Putamen
443	4.33	34	30	-4	R	Corteza Orbitofrontal
232	3.14	8	-10	6	R	Tálamo
Difuminado>Emociones						
1224	4.53	58	-50	34	R	Giro Angular
868	4	-52	-54	36	L	Giro Angular
384	3.74	0	-32	40	L	Giro Cingulado posterior

Tabla 11.2: Clústers significativos en el análisis de imagen del cerebro. La primera columna representa el número de vóxeles que conforman el clúster, la segunda columna representa los significativos de cada clúster (valor Z). Las siguientes tres columnas indican las coordenadas de las regiones con aumento de señal BOLD (plantilla MNI), La columna seis representa el hemisferio (L=Izquierda, R=Derecha). La última columna indica el área anatómica a la que pertenece el clúster de acuerdo al atlas Cortical Harvard-Oxford.

Funciones de Dominio General									
Estructura	$R_{ajustada}^2$	<i>valor - p</i>	Tol	IRP	ICV	Dspan	GnG	LG	
MFGr	0.29	$p < 0.01$	0.74	-0.63					
Paracingulado	0.31	$p < 0.046$	0.23		-0.37	-0.46	0.39	-0.42	
Funciones de Dominio General									
Estructura	$R_{ajustada}^2$	<i>valor - p</i>	RMET	RP	Ex	PT	FS	EC	PD
MFGl	0.52	$p < 0.001$	0.71		-0.34		-0.28		0.21
MTGl	0.5	$p < 0.004$	0.46	-0.72	0.37		-0.31	0.44	
Orbitofrontal	0.23	$p < 0.047$	0.35	0.39		-0.26	-0.32		0.30

Tabla 11.3: Tol = Torre de Londres, IRP = Índice de Razonamiento Perceptual, ICV = Índice de comprensión verbal, GnG = Go No Go, LG = Local Global. RP = Razonamiento estado mental, IE = Inferencia espontánea, PT = Toma de perspectiva, FS = Escala de fantasía, EC = Preocupación empática, PD = Angustia personal.

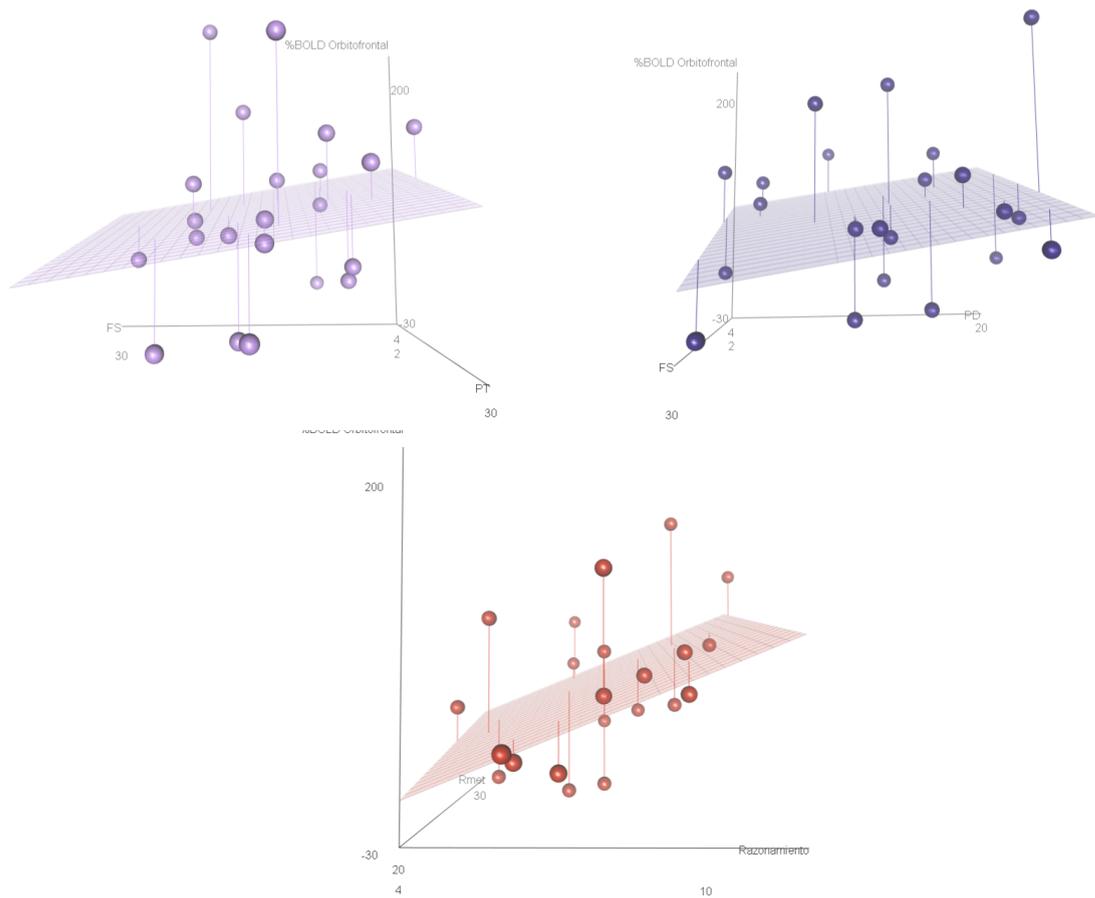


Figura 11.18: Angustia personal (PD), escala de fantasía (FS), toma de perspectiva (PT), RMET y Razonamiento de estado mental como variables predictoras del cambio de la señal BOLD, en porcentaje, para el giro frontal medio izquierdo. En general a mayor puntaje mayor cambio en la señal.

Capítulo 12

Discusión

La comunicación humana es un proceso multimodal, en el que las diferentes modalidades ayudan a la comprensión de las señales con significado (Michon et al., 2019). La estructura de la comunicación toma como punto de partida el elemento primario, que es el lingüístico, sin embargo, existe una interrelación con los elementos paralingüísticos como los gestos faciales.

El objetivo del presente estudio se centró en buscar la relación de la comprensión pragmática del lenguaje frente a un contexto paralingüístico, usando rostros con expresiones de las seis emociones básicas, definidas por Ekman en 1970. En las primeras tres etapas de este trabajo se encontró una asociación entre actos de habla y la expresión facial emocional y su correspondiente modulación en la respuesta de categorización en la cuarta etapa. Finalmente, en la quinta etapa por medio de la resonancia magnética funcional se encontraron las distintas áreas cerebrales implicadas en este proceso.

12.1. Tarea de categorización de actos de habla

Las primeras etapas del estudio consistieron en la búsqueda de una asociación entre actos de habla y expresiones faciales particulares, los resultados mostraron que ciertas expresiones como el enojo estaban asociadas a actos de habla particulares como la orden y la exigencia, y la tristeza y el miedo con el ruego. La asociación entre actos de habla con expresiones faciales había sido reportada con anterioridad y se había mostrado que, las combinaciones de acciones unitarias (AU) eran las responsables de dicha relación (Domaneschi et al., 2017). En este trabajo se usaron expresiones emocionales básicas que contienen AU estereotipadas, y la relación encontrada con la exigencia y el enojo podría estar indicando que ciertas frases de uso cotidiano son acompañadas con elementos extra y paralingüísticos, en el presente caso, los resultados sugieren que cuando se quiere exigir u ordenar algo el patrón de gesticulación facial es similar al de enojo, mientras que un ruego se asocia con las expresiones de tristeza y miedo.

Por otra parte, los resultados de la cuarta y quinta etapa de categorización mostraron que la expresión emocional del rostro que se presenta inmediatamente antes

de un enunciado estructurado como una afirmación, modifica la categorización del enunciado de tal manera que este se categoriza como un acto de habla, ya sea como una exigencia o como un ruego, aunque lingüísticamente no esté estructurado como tal. Los rostros que expresaban Enojo redundaron en la categorización de los enunciados como exigencias, los rostros que expresaban Tristeza redundaron en la categorización de los enunciados como ruegos y los rostros que expresaban Alegría redundaron en la categorización de los enunciados como afirmaciones. Es importante recalcar que los enunciados no cambiaban, eran los mismos enunciados. Por lo cual se puede inferir que los participantes aumentan o disminuyen la fuerza ilocutiva de un enunciado aún tratándose del mismo contenido proposicional, cuando se le presenta un contexto como la cara enojada o de tristeza respectivamente. Sin embargo, al presentarse el rostro expresando tristeza, este se relacionaba con un ruego en mucho menor grado, lo cual podría deberse a que el ruego, como expresión lingüística, está relacionado con una configuración distinta de acciones unitarias que puede incluir a la tristeza, similar a los resultados de [Domaneschi et al. \(2017\)](#), donde los gestos extralingüísticos de ciertos actos de habla podrían ser combinaciones de acciones unitarias.

Entonces, los resultados conductuales del estudio indican que los rostros son posicionados como vehículos de la expresión de la fuerza ilocutiva de los enunciados, como ocurre en los gestos manuales y de la cabeza con el habla, que mantienen una igualdad de significados entre lo no verbal con lo verbal, teniendo, además, una función pragmática y performativa al resaltar la función demarcativa o interpersonal del habla ([Wagner et al., 2014](#)). Esto es, la comprensión de si un enunciado depende del contexto en el que se desarrolle, en este caso, después de la presencia de un rostro emocionalmente expresivo.

12.2. Correlato neural de la categorización

Las imágenes cerebrales funcionales adquiridas durante la realización de la tarea de clasificación de actos de habla en el resonador magnético, permitieron calcular el promedio y también comparar la respuesta hemodinámica o señal relacionada con la oxigenación de la sangre (BOLD), durante la lectura de los enunciados que tuvo lugar después de la presentación de cada tipo de rostro, alegres, tristes, enojados o difuminados.

La focalización de la información visual entrante es procesada por la vía ventral del procesamiento visual, una de las zonas primarias encargada de ello es la cisura calcarina, además de otras áreas circunvecinas como el giro lingual. Por otra parte,

la vía dorsal, que involucra, entre otras, al cuneo, procesa la información periférica, estas diferencias entre vías se deben a las características histológicas de los grupos neuronales en las áreas primarias (Sheth and Young, 2016; Wandell et al., 2009). En este experimento los primeros estímulos visuales de interés que se presentaron fueron los rostros emocionales mediante el efecto priming. La duración de estos estímulos fue breve, 250 mseg por lo que es de esperar que no fue posible la observación detallada de todos los elementos de cada expresión. Sin embargo, en todos los contrastes se observó activación de la región calcarina, lo que sugiere que la extracción focal tiene una mayor importancia para los rostros debido a que el rostro fue el primer estímulo observado por los participantes, no importando la emoción que se expresara. Los promedios de activación (Figuras A.2, A.4, A.3, anexos) indican un aumento de actividad en la red de procesamiento de rostros, especialmente en la red central, en el área fusiforme lateral, especializada en la representación de la identidad, y el occipital inferior, encargada de la percepción de las características de los rostros, observándose en todos los contrastes significativos. De igual manera, se produjo activación de áreas no exclusivas para la observación de rostros, regiones que forman parte de redes de cognición como la atención y el lenguaje, pero que juegan un papel en el procesamiento visual de caras. Por un lado, el frontal inferior asociado en este proceso con la evocación del conocimiento semántico de la persona cuyo rostro se observa y para el juicio del contenido emocional, así como el cíngulo anterior implicado en monitoreo de respuestas y el precuneo en la evocación de memoria episódica (Haist and Anzures, 2017; Haxby et al., 2000).

Después del rostro, se presentó un enunciado escrito, por lo que es de esperar que se activaran regiones involucradas en la lectura. Los promedios de activación y en los contrastes de interés se observa una coincidencia con la red del lenguaje. El giro frontal inferior es observado en todos los estudios de lenguaje, y se conoce que esta región forma parte de la red central de procesamiento del lenguaje y su función puede ser la integración de elementos. La corteza cíngulada anterior, observada en todos los contrastes en este estudio, se considera como un área de especial interés en operaciones de control, mientras que las cortezas temporales media y superior se involucra en el almacenamiento del significado semántico de los estímulos. Estas estructuras se vinculan con nodos adyacentes no necesariamente especializados en lenguaje, conformando subredes que en conjunto actúan como una red de procesamiento contextual del lenguaje (Fedorenko and Thompson-Schill, 2014; Hagoort, 2017).

El precuneo, el cíngulo anterior y la unión temporo-parietal, activadas en los contrastes promedio (ver anexos), son estructuras observadas previamente en estu-

dios de comprensión de la intención social (Ciaramidaro et al., 2007), en los que también se han visto implicadas áreas motoras como el precentral y área suplementaria en la extracción de la intención en determinados contextos (Van Ackeren et al., 2012), siendo guiados por la corteza prefrontal medial involucrada en la red de teoría de la mente (Van Ackeren et al., 2016). Debido a la implicación de estas estructuras en la interacción social y la decodificación de mensajes no verbales, se ha sugerido que se vinculan entre sí, formando parte de una red denominada de intención comunicativa, que representa un elemento primordial para el entendimiento pragmático en la comunicación (Bara et al., 2016). Esta red se conecta con otras redes, como muestran estudios de tareas de comprensión pragmática en las que se observa la activación conjunta de áreas visuales, de lenguaje y motoras con estas áreas de procesamiento de intención (Egorova et al., 2016).

La interacción entre redes neurales permite la integración de información que será utilizada para emitir una respuesta. La red de procesamiento de lenguaje, que engloba las áreas perisilvianas antes descritas, interactúa con áreas que forman parte de redes de cognición social como la corteza prefrontal medial, configurando así una red para la comprensión del lenguaje pragmático, que involucra también al frontal inferior, precuneo y unión temporo-parietal implicadas en situaciones sociales (Tettamanti et al., 2017). Cuando existe interacción social en un contexto particular, como los rostros presentados en este experimento, podría existir una vinculación de la red central del lenguaje con áreas de cognición social, lo cual se observa en los promedios de las emociones, sin contrastes (ver anexos).

Entonces, en los contrastes de interés, cada una de las emociones contrastada con el rostro difuminado representa la actividad hemodinámica relacionada con la influencia de cada emoción en la categorización del enunciado. Se observó que las áreas que permanecen activas son las del circuito de reconocimiento visual (lingual, cisura calcarina) y de rostros, especialmente el giro fusiforme occipital inferior, debido a las características y detalles que poseen las expresiones, que el rostro difuminado no contiene (Haist and Anzures, 2017). Además del giro frontal inferior altamente asociado con actos de habla, y cuya activación puede estar relacionada con la selección semántica inusual y novedosa (Reyes-Aguilar et al., 2018). El contraste entre la alegría y el rostro difuminado mostró que la activación se mantuvo solo en estas áreas, sin embargo, en los contrastes de la tristeza y el enojo parece haber una mayor área de activación, respecto a la alegría. Por un lado, al observar un rostro expresando tristeza el enunciado se categorizó como Ruego, habiendo mayor activación del paracingulado, involucrado en la inferencia de la intención dentro de la interacción social y la carga atencional para la discriminación y almacenamiento del habla en

la memoria (Ciaramidaro et al., 2014; Gennari et al., 2018) y del temporal medial, relacionada en estudios de actos de habla con la selección e integración semántica de elementos novedosos (Reyes-Aguilar et al., 2018). Por otra parte, la emoción del enojo mostró mayor activación de otras áreas, las cuales incluyen el giro frontal medio, asociado con el procesamiento no literal del lenguaje en tareas de entendimiento de la intención comunicativa (Bosco et al., 2017), el cíngulo anterior, que también se ha implicado en la evaluación de la expresión emocional y se conecta funcionalmente con la amígdala durante la observación de rostros enojados (Etkin et al., 2011; Ewbank et al., 2018), y el temporal superior que funge como centro asociativo involucrado en la integración semántica del significado de la palabra en el contexto de la oración, (Bosco et al., 2017) y que puede actuar como integrador de la información emocional del rostro con el enunciado presentado. Además, el enojo comparado con el rostro difuminado produjo activación de zonas subcorticales en el tálamo y ganglios basales, implicados en padecimientos como el parkinson y el trastorno del espectro autista, en los que se ven afectados la comunicación, las habilidades sociales y las habilidades motoras. Los ganglios basales forman parte de un circuito, ganglios basales-tálamo-corteza, que tiene una función crítica en el control motor, que además a nivel cortical involucra regiones como la corteza frontal, incluyendo al giro orbitofrontal y el cíngulo anterior, regiones corticales involucradas en el control socio-emocional. Es así que, este circuito es fundamental para el desarrollo de la intención comunicativa, la comprensión no verbal y los aspectos emocionales de la comunicación puesto que el inicio de la comprensión viene dada por el control motor y la retroalimentación en el circuito (Qiu et al., 2010; Smith and Caplan, 2018).

En el caso de la diferencia de activación entre emociones (Alegoría > Enojo, Alegría > Tristeza, Enojo > Tristeza y viceversa) el enojo tuvo diferencias con ambas, en este caso, la región prefrontal medial se ve reclutada después de la observación de los rostros expresando esta emoción. Esto no ocurre ni con la alegría, ni la tristeza ni con el rostro difuminado. Este resultado puede representar un posible indicador de un procesamiento más complejo para esta emoción a nivel social, al funcionar como una señal comunicativa de diferenciación y conflicto con el medio externo, en relaciones interpersonales y vínculos afectivos, es decir, podría tener un mayor peso interpretativo para la toma de una decisión, reclutando redes de cognición social aunada a la central del lenguaje y el circuito de la intención comunicativa (Reyes-Aguilar et al., 2018; Williams, 2017). Otros estudios han encontrado, además, una alta implicación de esta área en la decodificación de la intención irónica por la observación de rostros (Wang et al., 2006, 2007).

Entonces esta diferencia de activación del enojo en todos los contrastes, es decir, respecto al el difuminado y entre emociones, puede ser debido a que, como se mencionó, el enojo tiene una influencia mayor en la interacción social, además de la implicación evolutiva de la lucha o huida frente a estímulos amenazantes.

Por otro lado, el contraste del rostro difuminado más que todas las emociones (Sr>AET) mostró activación del cíngulo posterior y el giro angular, ambas forman parte de la red de estado basal (Default Network), la cual se observa, usualmente en estudios de estado de reposo, cuando las demandas cognitivas son bajas y prevalece la auto-referencia en la que la mentalización es central (Spreng and Andrews-Hanna, 2015). Esta es una red distinta a la del procesamiento del lenguaje, pero con posible vinculación entre ellas (Mineroff et al., 2018). El cíngulo posterior, dentro de esta red, se describe como una zona de integración y mantenimiento de la atención a la información en términos conductuales. De la misma manera, el giro angular también funciona como zona de integración en los procesos de mentalización, procesamiento semántico y evocación de la memoria (Spreng and Andrews-Hanna, 2015). Entonces, cuando los participantes leen el enunciado, posterior a la visualización de los rostros difuminados en contraste con los rostros expresivos emocionalmente, hay menor carga cognitiva y predomina la atención al estímulo lingüístico, sin considerar el rostro. Tal como lo sugieren los resultados conductuales que indican que los participantes clasifican a los enunciados que siguen a un rostro difuminado como una afirmación, que es exactamente como están estructurados los estímulos lingüísticos.

12.3. Más allá de los núcleos primarios de procesamiento (lenguaje y rostros)

La comunicación involucra un conjunto de elementos más allá de las representaciones primarias del lenguaje, una interacción de particularidades lingüísticas y paralingüísticas cuya representación cerebral se manifiesta en la interacción de distintas áreas, esto es, de zonas que forman parte de redes definidas de procesamiento de estímulos particulares, sea a nivel del lenguaje escrito o elementos visuales como rostros. Esto es, se reclutan áreas principales de redes ya definidas para la realización de tareas complejas que involucran dichas redes.

Una idea del origen y evolución del lenguaje es la subdivisión de tres repertorios modales para el caso del procesamiento del habla, auditivo en los fonemas, representación visual en los visemas y motoras en los articulemas que permite la producción y comprensión. En el sistema nervioso cada representación sensorial mantiene una vía

de señalización en una dirección ventral o dorsal que representa una funcionalidad particular en el sistema. Por ejemplo, en el caso de la audición, en la vía dorsal existe una asociación entre los sonidos del habla con una representación articulatoria, que es guiada por elementos contextuales visuales o auditivos del medio (Michon et al., 2019). De la misma manera, para el caso de la comprensión escrita del lenguaje la señalización modal juega un papel de igual importancia, las áreas que forman parte de las vías en las distintas modalidades sensoriales se vinculan entre sí para hacer posible la comprensión. Es posible entonces que los resultados que muestran evidencia de activación motora en todos los contrastes y de conectividad entre áreas visuales (giro fusiforme) y zonas motoras (precentral y postcentral), sean producto de la vinculación entre estas tres modalidades observadas en el habla, que sirven para propósitos lingüísticos y no lingüísticos como en el caso de la gesticulación facial.

Se ha descrito la gran importancia del rol de los elementos no lingüísticos en el aprendizaje y procesamiento del lenguaje, por ejemplo, usualmente el habla se acompaña de movimientos manuales para expresar un significado, involucra un componente visual y de imaginación. Es así que, los gestos pueden tanto expresar el pensamiento del hablante como cambiarlo, es decir tiene una influencia en el hablante y el escucha (Demir and Goldin-Meadow, 2016). Tienen importancia, incluso a nivel ontológico, puesto que la transmisión de la intención comunicativa en el desarrollo comienza con los gestos, anterior a la transmisión mediante el lenguaje (Carpenter et al., 1983). Esta relación entre el desarrollo comunicativo y los gestos se hace más estrecha en la neurobiología de ambos procesos, puesto que mantienen coincidencias, esto es, las áreas de procesamiento lingüístico también son nodos claves en el procesamiento gestual, lo que sugiere que el sistema de lenguaje o transmisión comunicativa actúa a través de diferentes modalidades, y el cerebro las recluta a todas para darle sentido a los contextos (Steven and Broce, 2016). Esto se puede ver, por ejemplo, en la conectividad funcional de ciertas estructuras como el giro fusiforme, área nodo del reconocimiento visual tanto de palabras como de rostros, la cual está estrechamente relacionada con el procesamiento del lenguaje al mantener una conectividad con el giro frontal inferior, las áreas de control motor, el giro cingulado, el control ejecutivo a través del giro prefrontal e incluso con el precuneo, asociado con habilidades visoespaciales y de intención comunicativa (Ardila et al., 2015).

La interacción entre las redes se observa en el presente estudio en la interacción psicofisiológica en algunos de los contrastes, donde áreas visuales mantienen conectividad con áreas motoras y de intención comunicativa durante la lectura de los enunciados. El área fusiforme de rostros se conecta con el precuneo, un nodo del circuito de la intención comunicativa, así como la intracalcarina y lingual con

áreas del circuito motor (precentral y postcentral). Por su parte, el frontal medio, relacionada con procesamiento no-literal, mostró conectividad con las mismas áreas motoras, mientras que el paracingulado mantenía conectividad con el mismo frontal medio. Por último, el área de integración semántica (giro temporal medial) se activaba en conjunto con áreas cerebrales relacionadas con inferencia de la intención (precuneo) y con el área visual (lingual). Esto es, la inferencia de la intención comunicativa que los participantes realizaban del enunciado, tomando en cuenta el rostro, requería procesamiento visual para la extracción de la información del rostro, simulación motora del habla en el caso de los enunciados e inferencia del patrón motor de los mismos (mediante las neuronas espejo), y de una integración del enunciado mediante un procesamiento no-literal, por lo cual, las áreas relacionadas a estos procesos trabajan al mismo tiempo dependiendo del requerimiento cognitivo de cada emoción expresada en el rostro. Todo ello muestra la estrecha relación entre áreas anatómicamente distantes pero que trabajan funcionalmente en conjunto para la resolución de una tarea específica.

12.4. Cognición en la categorización de actos de habla

La relación de los procesos cognitivos con la actividad cerebral mientras se realizaba la tarea de clasificación de actos de habla fue determinada por medio de la regresión lineal múltiple, a partir de los puntajes de los participantes en las pruebas psicométricas aplicadas. Los resultados muestran que es posible predecir aproximadamente el comportamiento del cambio de señal de la actividad BOLD a partir de estos puntajes.

Las pruebas de dominio general engloban a procesos cognitivos superiores, incluyen el manejo del lenguaje evaluado con el WAIS en las subescalas de índice de comprensión verbal, el razonamiento perceptual evaluado también con el WAIS, y funciones ejecutivas como memoria de trabajo evaluado con DigitSpan, inhibición evaluado con la tarea Go no Go, intercambio atencional usando la tarea Local Global, planeación y toma de decisión evaluado con la Torre de Londres y la actualización N-Back.

El WAIS fue elaborado en congruencia con el modelo de Wechsler que cual describe a la inteligencia como un conjunto de capacidades que permiten la adaptación del sujeto a su entorno. Los resultados encontrados sugieren que la habilidad de comprensión verbal (ICV) y el razonamiento perceptual (IRP) junto con otros procesos

como la planeación, predicen la variabilidad de la señal BOLD detectada en el giro frontal medial, donde a mayor puntaje de IRP menor cambio de señal, resultados contrarios a la correlación positiva ya descrita entre esta subprueba con el cambio de señal en esta área (Lee et al., 2006). Sin embargo es posible que para la realización de la tarea del presente estudio, los estímulos no representaran una carga cognitiva importante, ya que las imágenes eran presentadas por poco tiempo y por lo tanto no hay un gran requerimiento de esta área cerebral. Por otra parte los mayores puntajes de ICV predicen una mayor señal en el paracingulado, similar a lo encontrado para procesamiento ejecutivo, que sugiere que la habilidad verbal está relacionada con la actividad cognitiva que realiza esta área en la solución de problemas.

En cuanto a las funciones ejecutivas, separada en la inhibición, actualización e intercambio atencional fue evaluada mediante la plataforma PEBL. Se ha discutido el correlato neural de las funciones ejecutivas, algunos estudios han asociado las áreas frontales (surco inferior frontal, opérculo frontal, giro cingulado, corteza prefrontal) y parietales (surco intraparietal). Sin embargo, no existe un consenso, aunado a la dificultad de relacionar procesos más complejos en la resolución de una tarea que implique tanto funciones ejecutivas como activación de dichas zonas cerebrales (Friedman and Miyake, 2017). Esto es, en el caso particular del presente estudio, la tarea realizada implica procesos de intercambio atencional, actualización, planeación y toma de decisión, por lo que era de esperar variación en la señal en las áreas comúnmente asociadas con estas funciones ejecutivas. No obstante, los puntajes en estas pruebas predicen el cambio de señal solamente en el giro frontal medio y paracingulado, áreas que fueron asociadas en diversos estudios, con tareas como digit-span y torre de londres (Piper et al., 2015), pero esto no implica que el abanico de funciones ejecutivas se procesen exclusivamente en áreas particulares.

Las pruebas de dominio específico abarcan la teoría de la mente y la escala de reactividad interpersonal (IRI). La teoría de la mente o la atribución de estados mentales a otros engloba procesos sociales como compasión, juicio moral, negociación simpatía y empatía, y fue evaluada con la prueba leer la mente en los ojos (RMET), y la prueba de historia corta (SST), pruebas comúnmente utilizadas para la evaluación de este proceso (Dodell-Feder et al., 2013). En el caso particular de este estudio se observó que a mayor puntaje en el RMET, mayor cambio en la señal BOLD en los giros frontal medio y temporal medio. La predicción de la variabilidad de la señal BOLD, no fue tan clara en el caso del giro orbitofrontal. Por otra parte, en la prueba de SST ocurría lo contrario con el giro frontal medio, en el que a mayor puntaje en la prueba, menor cambio de señal, pero en el temporal medio a mayor puntaje, mayor señal. El índice de reactividad interpersonal (IRI) evalúa

las diferentes dimensiones de la empatía con una escala tipo Likert. La empatía no consiste solo en el procesamiento de las emociones de otros sino que también hace posible el control cognitivo en la toma de perspectiva en las interacciones sociales y la asociación que se ha encontrado entre los diferentes aspectos de la empatía y regiones cerebrales particulares (precuneo, cíngulo anterior, corteza somatosensorial, ínsula y corteza prefrontal) y mismas que están vinculadas con otros procesos cognitivos como el lenguaje, sugiere la posibilidad de múltiples mecanismos de interacción funcional, es decir, procesos conceptualmente distintos como la empatía y el lenguaje, podrían necesitarse mutuamente en la comunicación (Banissy et al., 2012). En el presente estudio los participantes realizaban inferencias sobre los rostros con expresiones emocionales y era necesario extraer información e integrarla con el contenido de los enunciados leídos. En este sentido, la relación que existe entre la teoría de la mente y la comprensión comunicativa va ligada con la capacidad empática de los individuos, como se ha mostrado en algunos estudios (van den Brink et al., 2012). Es decir, el procesamiento del lenguaje que tiene lugar en el frontal medio y temporal medio podría relacionarse con la capacidad empática y de teoría de la mente de los individuos. De hecho, se ha encontrado que los niños bilingües, que tienen un conocimiento menor de cada una de las lenguas, son mejores en términos de atribución de estados mentales a otros (Diaz and Farrar, 2018). es decir que, para extraer información relevante del contexto, se pueden utilizar diversas herramientas cognitivas y unas pueden compensar la deficiencia en otras.

Capítulo 13

Conclusiones

La interacción social se da en múltiples modalidades, motora, visual y auditiva, las cuales coexisten para la necesidad interpretativa de elementos lingüísticos. Durante la ontogenia de los individuos la capacidad de comprensión y producción de significados comienza con elementos básicos motores que se va complejizando con el aprendizaje idiomático hasta la llegada de producción motora del habla junto con acompañamientos gesticulatorios de la boca y el rostro, un repertorio gestual manual y una prosodia autoregulada. La relación entre estos tres elementos ha brindado una idea de cómo pudo ser la filogenia del entendimiento pragmático del lenguaje (Michon et al., 2019). El presente estudio buscó un acercamiento a este entendimiento en la interacción cotidiana. La observación de rostros y la modulación de la categorización de enunciados podría indicar la importancia de los elementos sensoriales del entorno para la interpretación lingüística, en donde las redes cerebrales de decodificación de rostros, intención comunicativa y del lenguaje se encuentran activos dependiendo de la emoción que expresaban los rostros. Todo ello sugiere que la capacidad de comprensión y de errores en la comunicación podría ser debido al funcionamiento de estos subsistemas. Sin embargo, aún faltan muchos estudios para poder resolver la interrogante de cómo comprendemos el lenguaje.

Apéndice A

Anexos

Acto de Habla	Neutro		Alegría		Tristeza		Miedo		Enojo		Sorpresa		Asco	
	M	DE	M	DE	M	DE	M	DE	M	DE	M	DE	M	DE
Orden	22	3.2	0.6	0.5	2.8	4	3.1	2.6	11	5	1.3	1.5	1.8	1.7
Ruego	1.6	1.3	3.1	2.4	18	4.5	13	5.4	0.8	1.6	4	3.7	1.3	2.3
Petición	5.6	1.9	11	4.5	7.1	2.6	7	2.9	1.8	1.1	7.5	3.2	2.6	3.7
Exigencia	12	5.2	1.5	1	2.5	4.8	5.8	4.4	16	8	0.6	0.5	5.3	3.1

Tabla A.1: Resultados de Media (M) y Desviación Estándar (D.E.) de cada uno de los actos de habla directivos propuestos, en relación con la emoción que asocian al mismo.

	Frecuencia "compatible"	Frecuencia "No compatible"	Porcentaje "compatible"	Porcentaje "No compatible"
Afirmación-Alegría	536	64	89	11
Afirmación-Enojo	109	491	18	82
Afirmación-Tristeza	133	467	22	78
Exigencia-Alegría	15	585	2.5	97.5
Exigencia-Enojo	528	72	88	12
Exigencia-Tristeza	140	460	23	77
Ruego-Alegría	98	502	16	84
Ruego-Enojo	234	366	39	61
Ruego-Tristeza	482	118	80	20

Tabla A.2: Frecuencias y porcentajes de respuesta a compatibilidad e incompatibilidad de cada condición, clasificando los veinte enunciados de los tres actos de habla con las tres emociones.

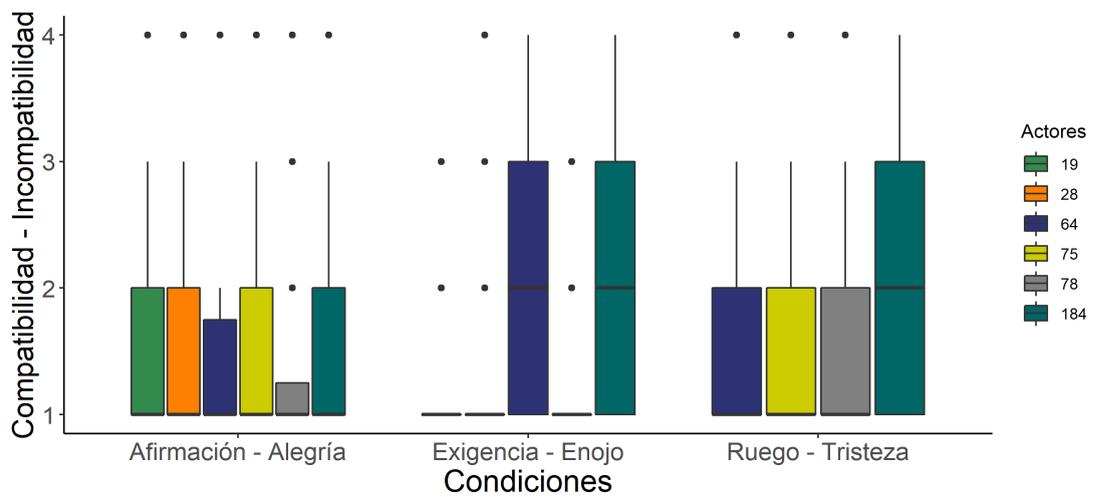


Figura A.1: Diagrama de caja y bigote de la respuesta de compatible (1 y 2) o incompatible (3 y 4) de los participantes ante cada actor en las condiciones de Afirmación-Alegría, Exigencia-Enojo y Ruego-Tristeza. La línea gruesa representa la mediana, el tamaño de las cajas representa el rango intercuartilar, los bigotes representan el decil 90 y los puntos representan los puntajes extremos.

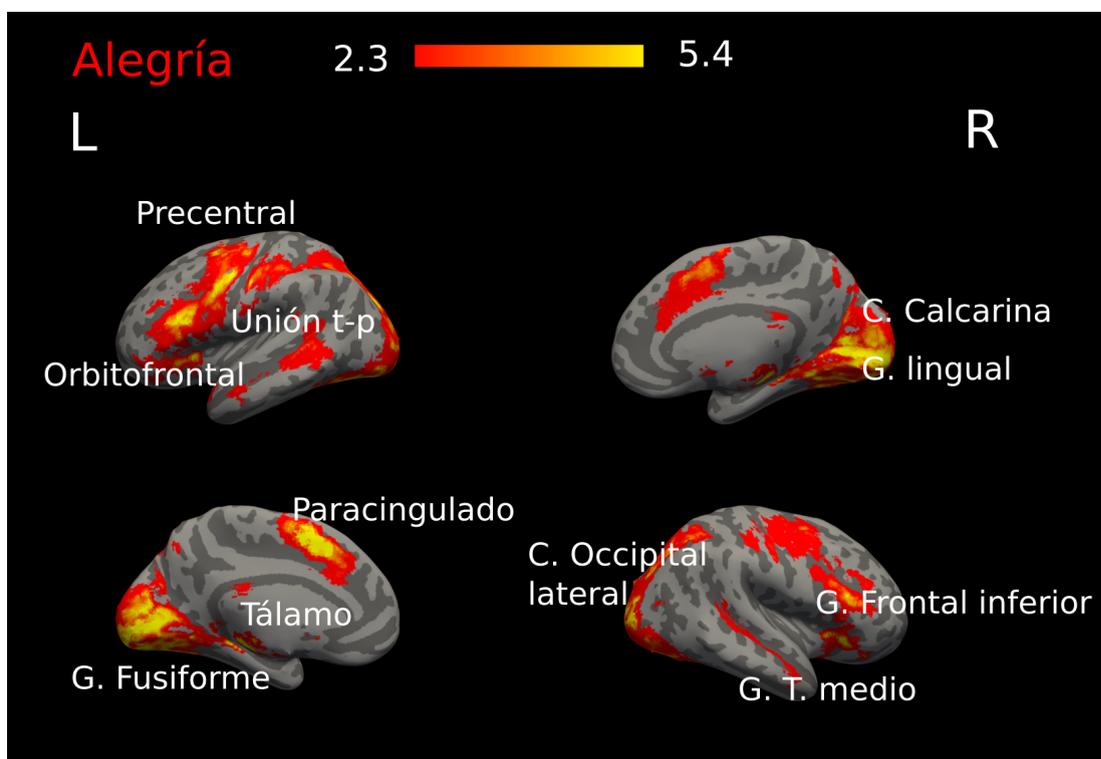


Figura A.2: Mapa de activación de promedio de la Alegría en la tarea de clasificación de actos de habla, de todos los participantes. Puntaje Z de 2.3 a 7.5

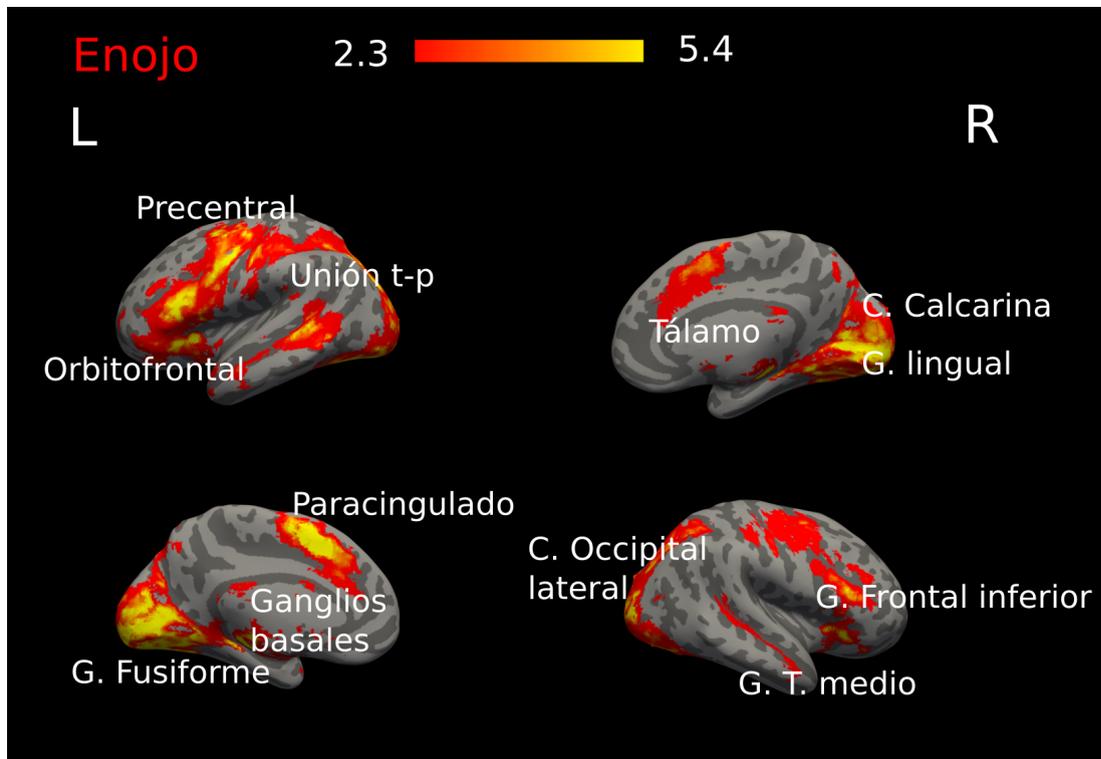


Figura A.3: Mapa de activación de promedio de la Enojo en la tarea de clasificación de actos de habla, de todos los participantes. Puntaje Z de 2.3 a 7.6

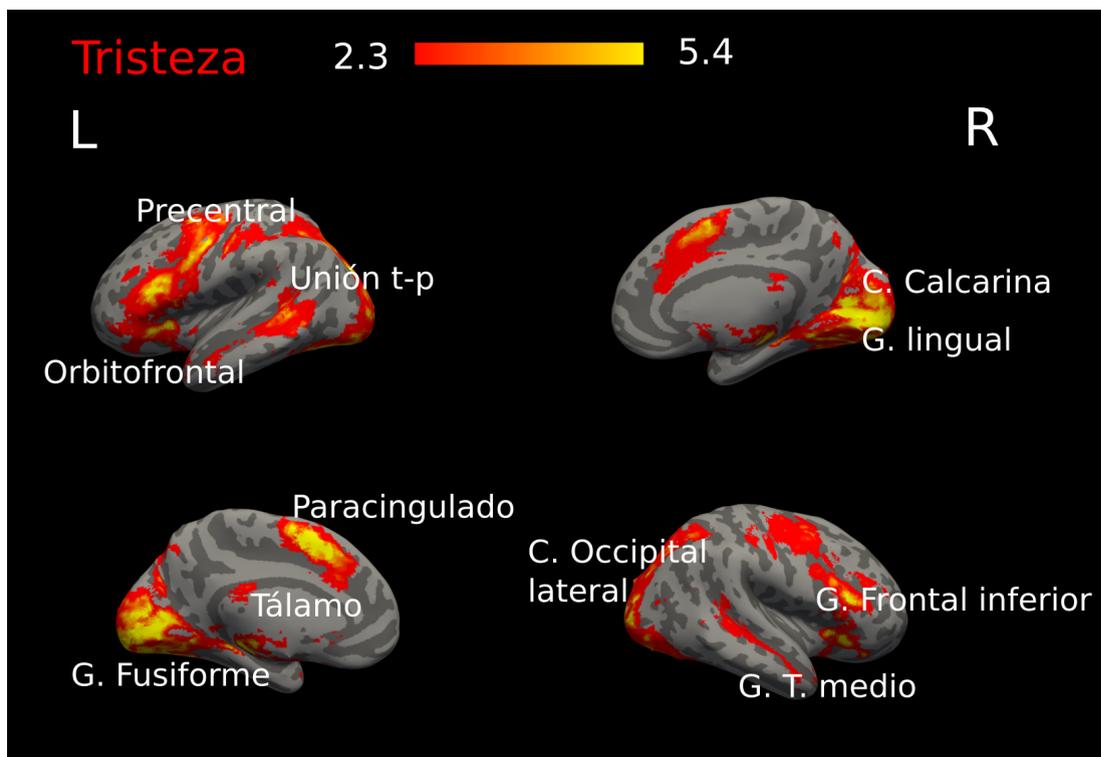


Figura A.4: Mapa de activación de promedio de la Tristeza en la tarea de clasificación de actos de habla, de todos los participantes. Puntaje Z de 2.3 a 7.5

Actos Habla	Estudiar	Sustituir	Trapear	Limpiar	Regresar	Lavar
Exigencia	60	36.7	60	66.7	10	66.7
Ruego	3.3	23.3	20	16.7	56.7	13.3
Afirmación	26.7	13.3	10	10	23.3	6.7
Ninguno	10	26.7	10	6.7	10	13.3
	Asistir	Trabajar	Llegar	Comer	Cantar	Leer
Exigencia	43.4	86.7	16.7	20	6.7	26.7
Ruego	16.7	6.7	20	13.3	20	6.7
Afirmación	30	30	53.3	46.7	33.3	43.3
Ninguno	10	6.7	10	20	40	23.3
	Escribir	Realizar	Tomar	Bañar	Correr	Llevar
Exigencia	20	30	20	26.7	13.3	20
Ruego	6.7	10	20	6.7	13.3	40
Afirmación	46.7	46.7	33.3	46.7	53.3	30
Ninguno	26.7	13.3	26.7	20	20	10
	Despertar	Contestar				
Exigencia	40	33.3				
Ruego	13.3	30				
Afirmación	30	20				
Ninguno	16.7	16.7				

Tabla A.3: Clasificación de los verbos en las diferentes categorías de actos de habla (porcentajes) de la etapa 3.

Expresión	Respuesta AH	2.5 segundos		0.25 segundos		Ambos	
		Frec	%	Frec	%	Frec	%
Alegría	Exigencia	144	6.31	162	7.10	306	6.71
Alegría	Afirmación	2027	88.9	2034	89.21	4061	89.05
Alegría	Ruego	109	4.78	84	3.68	193	4.23
Enojo	Exigencia	1854	81.31	1783	78.2	3637	79.75
Enojo	Afirmación	340	14.91	390	17.1	730	16
Enojo	Ruego	86	3.77	107	4.69	193	4.23
Tristeza	Exigencia	209	9.16	288	12.63	497	10.89
Tristeza	Afirmación	649	28.46	706	30.96	1355	29.71
Tristeza	Ruego	1422	62.36	1286	56.4	2708	59.38

Tabla A.4: Frecuencia (Frec) y porcentaje (%) de respuesta hacia una expresión emocional (Alegría, Enojo, Tristeza), y cada una de las respuestas de actos de habla (AH) con duración del rostro observado de 2.5 y 0.25 segundos.

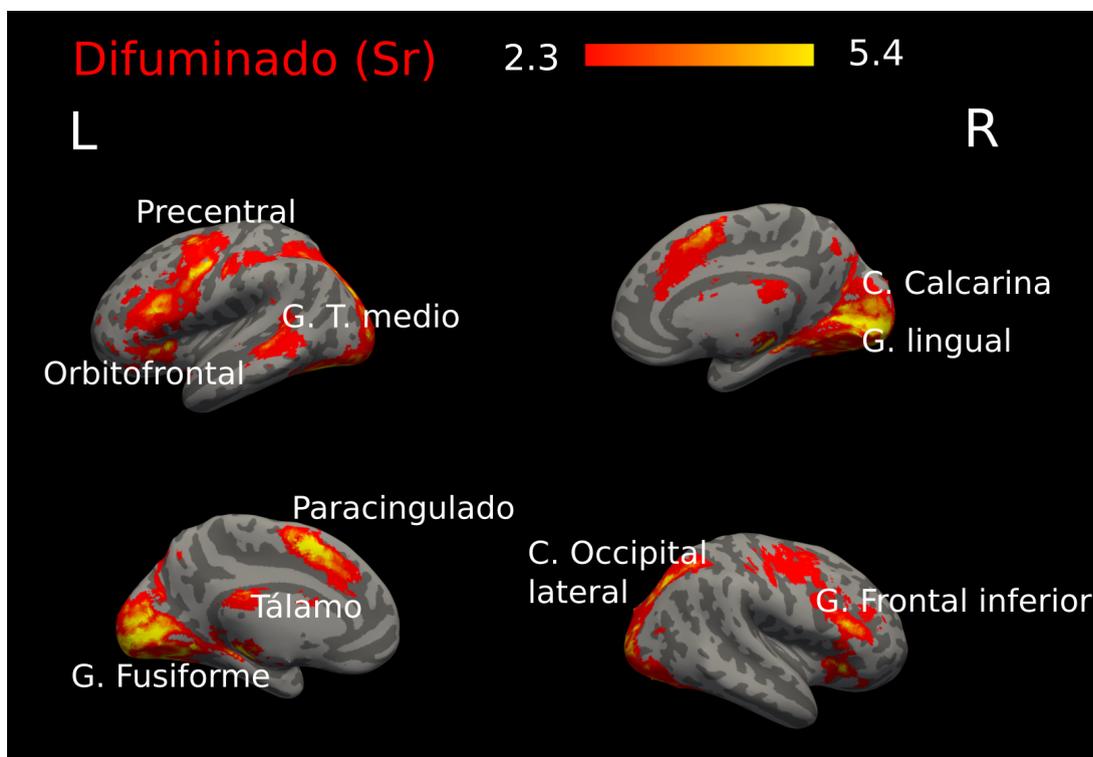


Figura A.5: Mapa de activación de promedio del rostro difuminado (Sr) en la tarea de clasificación de actos de habla, de todos los participantes. Puntaje Z de 2.3 a 7.9.

Actos Habla	Coleccionar	Pasear	Diseñar	Sustituir	Revisar	Caminar
Exigencia	15	20	5	40	55	0
Ruego	0	5	5	0	10	5
Afirmación	60	70	60	35	30	70
Ninguno	25	5	30	25	5	25
	Contestar	Despertar	Colaborar	Finalizar	Asistir	Comprar
Exigencia	35	20	5	45	15	0
Ruego	25	5	25	0	20	10
Afirmación	35	65	50	40	60	65
Ninguno	5	10	20	15	5	25
	Consumir	Elegir	Enviar	Modificar	Subir	Escuchar
Exigencia	10	35	25	35	30	15
Ruego	5	10	15	10	15	20
Afirmación	50	50	40	40	35	50
Ninguno	35	5	20	15	20	15
	Acompañar	Analizar	Anunciar	Correr	Conseguir	Comentar
Exigencia	20	25	10	5	15	5
Ruego	25	0	5	0	0	0
Afirmación	30	60	65	65	65	60
Ninguno	25	15	20	30	20	35
	Decidir	Traer	Informar	Responder	Mirar	Tomar
Exigencia	25	20	15	25	10	10
Ruego	15	20	0	0	5	10
Afirmación	40	40	55	35	45	35
Ninguno	20	20	30	40	40	45

Tabla A.5: Clasificación de los verbos en las diferentes categorías de actos de habla (porcentajes) de la etapa 4.

Apéndice B

Estudio piloto de la interpretación del enunciado, anterior a la observación de un rostro con expresión emocional

B.0.1. Sujetos

La muestra consistió en 13 participantes diestros, con nacionalidad mexicana y lengua materna español. La media de edad fue de 25.84, $DE = 1.99$. Cada uno de los participantes firmó un consentimiento informado sobre los motivos de estudio y llenó una hoja de datos generales.

B.0.2. Materiales

Los estímulos de la etapa 4 del estudio se utilizaron nuevamente, teniendo 30 enunciados afirmativos con valencia neutra en el verbo, los rostros fueron el 19, 28, 75 y 78 de la base de datos CFEE. La presentación se dio de la misma manera que las etapas anteriores.

B.0.3. Procedimiento

Cada participante observó, en una silla cómoda y con mirada mantenida por el posicionador, cada uno de los estímulos. La presentación de ellos, en contraste con las etapas anteriores, se realizó de manera inversa, es decir, el enunciado era leído durante 2500 ms posterior a una cruz de fijación de 500 ms, después se presentaba el rostro emocional durante 500 ms, se le pidió a los participantes categorizar de acuerdo a lo observado si el enunciado representa una exigencia, afirmación o ruego.

B.0.4. Resultados

Se realizó el mismo análisis de chi-cuadrada utilizada en las etapas anteriores. La cual mostró $chi - cuadrada = 430.84$, $gl = 6$, $p < 0.001$ que los participantes asociaban la emoción Alegría con afirmación, así como el difuminado con afirmación. Para el caso del rostro enojado, los participantes lo asocian como afirmación y exigencia. Por último, la tristeza no era asociada de mayor manera con ninguno de los actos de habla en particular (ver Figura [B.1](#)).

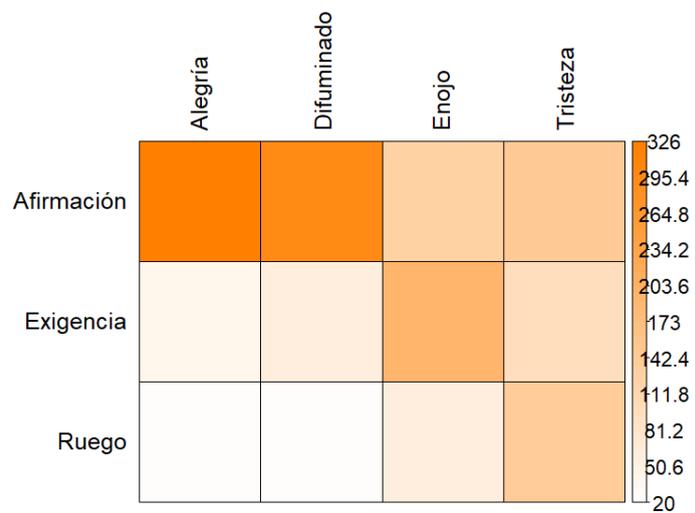


Figura B.1: Puntaje observado de respuesta en alguna de las asociaciones entre emociones y la categorización del acto de habla, donde los valores positivos (naranjas) indica mayor puntaje de respuesta

Bibliografía

- Amaro, E. and Barker, G. J. (2006). Study design in fMRI: Basic principles. *Brain Cogn.*, 60(3):220–232. [14](#)
- Anguas-Wong, A. M. and Matsumoto, D. (2007). Reconocimiento de la Expresión Facial de la Emoción en Mexicanos Universitarios. *Rev. Psicol.*, XXV(2):277–293. [7](#)
- Ardila, A., Bernal, B., and Rosselli, M. (2015). Language and Visual Perception Associations: Meta-Analytic Connectivity Modeling of Brodmann Area 37. *Behav. Neurol.*, 2015:1–14. [81](#)
- Armony, J. L., Trejo Martínez, D., and Hernández, D. (2012). Resonancia Magnética Funcional (RMf): Principios y aplicaciones en Neuropsicología y Neurociencias Cognitivas. *Rev. Neuropsicol. Latinoam.*, 4(2):36–50. [11](#), [12](#), [13](#)
- Banissy, M. J., Kanai, R., Walsh, V., and Rees, G. (2012). Inter-individual differences in empathy are reflected in human brain structure. *Neuroimage*, 62(3):2034–2039. [84](#)
- Bara, B. G., Ciaramidaro, A., Walter, H., and Adenzato, M. (2011). Intentional Minds: A Philosophical Analysis of Intention Tested through fMRI Experiments Involving People with Schizophrenia, People with Autism, and Healthy Individuals. *Front. Hum. Neurosci.*, 5:1–11. [ix](#), [xii](#), [1](#), [3](#), [26](#)
- Bara, B. G., Enrici, I., and Adenzato, M. (2016). At the Core of Pragmatics. In *Neurobiol. Lang.*, volume 33, pages 675–685. Elsevier. [4](#), [21](#), [78](#)
- Baron-cohen, S., Wheelwright, S., and Jolliffe, T. (1997). Is There a “ Language of the Eyes ”? Evidence from Normal Adults , and Adults with Autism or Asperger Syndrome. *Vis. cogn.*, 4(3):311–331. [52](#)
- Bašnáková, J., van Berkum, J., Weber, K., and Hagoort, P. (2015). A job interview in the MRI scanner: How does indirectness affect addressees and overhearers? *Neuropsychologia*, 76:79–91. [23](#)
- Bašnáková, J., Weber, K., Petersson, K. M., Van Berkum, J., and Hagoort, P. (2014). Beyond the language given: The neural correlates of inferring speaker meaning. *Cereb. Cortex*, 24(10):2572–2578. [22](#)

- Beaupré, M. G. and Hess, U. (2005). Cross-cultural emotion recognition among Canadian ethnic groups. *J. Cross. Cult. Psychol.*, 36(3):355–370. 32, 33
- Bohrn, I. C., Altmann, U., and Jacobs, A. M. (2012). Looking at the brains behind figurative language-A quantitative meta-analysis of neuroimaging studies on metaphor, idiom, and irony processing. *Neuropsychologia*, 50(11):2669–2683. 18
- Bosco, F. M., Parola, A., Valentini, M. C., and Morese, R. (2017). Neural correlates underlying the comprehension of deceitful and ironic communicative intentions. *Cortex*, 94:73–86. 21, 79
- Bosco, F. M., Vallana, M., and Bucciarelli, M. (2009). Comprehension of communicative intentions: The case of figurative language. *J. Cogn. Sci. (Seoul)*, 10:245–277. 1
- Calder, A. J. and Young, A. W. (2005). Understanding the recognition of facial identity and facial expression. *Nat. Rev. Neurosci.*, 6(8):641–651. 8
- Canals, L. M. (2008). Historia de la resonancia magnética de Fourier a Lauterbur y Mansfield: en Ciencias, nadie sabe para quién trabaja. *Rev. Chil. Radiol.*, 14(1):39–45. 11
- Carlyle, S. B. and Clarke, G. (2015). Fundamentals. In *Magn. Reson. Imaging*, pages 1–58. Elsevier, Missouri, 4ta edition. 11
- Carpenter, R. L., Mastergeorge, A. M., and Coggins, T. E. (1983). The acquisition of communicative intentions in infants eight to fifteen months of age. *Lang. Speech*, 26:101–116. 81
- Catmur, C. (2015). Understanding intentions from actions: Direct perception, inference, and the roles of mirror and mentalizing systems. *Conscious. Cogn.*, 36:426–433. 3, 19, 20
- Cheng, C. S., Kao, M. H., and Phoa, F. K. H. (2017). Optimal and efficient designs for functional brain imaging experiments. *J. Stat. Plan. Inference*, 181:71–80. 14
- Ciaramidaro, A., Adenzato, M., Enrici, I., Erk, S., Pia, L., Bara, B. G., and Walter, H. (2007). The intentional network: How the brain reads varieties of intentions. *Neuropsychologia*, 45(13):3105–3113. 19, 24, 78
- Ciaramidaro, A., Becchio, C., Colle, L., Bara, B. G., and Walter, H. (2014). Do you mean me? Communicative intentions recruit the mirror and the mentalizing system. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.*, 9(7):909–916. 19, 79

-
- Colombetti, G. (2005). Appraising valence. *J. Conscious. Stud.*, 12(8-10):103–126. 7
- Cuencas, R., Von seggern, B., Toledo, R., and Harrell, E. (1990). El inventario de Edimburgo: Evaluación de la lateralidad cerebral en una población mexicana. *Salud Ment.*, 13(2):11–17. 52
- Dale, A. M. (1999). Optimal experimental design for event-related fMRI. *Hum. Brain Mapp.*, 8(2-3):109–114. 14, 53
- Damasio, A. R. (1999). *El error de Descartes*. New York. 7
- Demir, O. z. E. and Goldin-Meadow, S. (2016). Gesture’s Role in Learning and Processing Language. In *Neurobiol. Lang.*, pages 275–283. 81
- Dennis, M. and Barnes, M. A. (2000). Speech acts after mild or severe childhood head injury. *Aphasiology*, 14(4):391–405. 6
- Díaz, J. L. (1990). La nueva faz de la emoción: aspectos y niveles de la investigación sentimental. *Salud Ment.*, 13(4):7–16. 7
- Díaz, J. L. and Flores, E. O. (2001). La estructura de la emoción humana: un modelo cromático del sistema afectivo. *Salud Ment.*, 24(4):20–35. 7
- Diaz, V. and Farrar, M. J. (2018). Do bilingual and monolingual preschoolers acquire false belief understanding similarly? The role of executive functioning and language. *First Lang.*, 38(4):382–398. 84
- Dodell-Feder, D., Lincoln, S. H., Coulson, J. P., and Hooker, C. I. (2013). Using fiction to assess mental state understanding: A new task for assessing theory of mind in adults. *PLoS One*, 8(11):1–14. 52, 83
- Domaneschi, F., Passarelli, M., and Chiorri, C. (2017). Facial expressions and speech acts: experimental evidences on the role of the upper face as an illocutionary force indicating device in language comprehension. *Cogn. Process.*, 18(3):285–306. 23, 42, 75, 76
- Du, S., Tao, Y., and Martinez, A. M. (2014). Compound facial expressions of emotion. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 111(15):E1454–E1462. ix, xii, 32, 33, 39
- Egorova, N., Shtyrov, Y., and Pulvermüller, F. (2016). Brain basis of communicative actions in language. *Neuroimage*, 125:857–867. 23, 78

- Ekman, P. (1970). Universal facial expressions. *Calif. Ment. Heal. Res. Dig.*, 8(4):151–158. **7**
- Ekman, P. and Cordaro, D. (2011). What is Meant by Calling Emotions Basic. *Emot. Rev.*, 3(4):364–370. **7**
- Enrici, I., Adenzato, M., Cappa, S., Bara, B. G., and Tettamanti, M. (2011). Intention Processing in Communication: A Common Brain Network for Language and Gestures. *J. Cogn. Neurosci.*, 23(9):2415–2431. **20, 21**
- Escandell, M. V. (2006). *Introducción a la pragmática*. Editorial del hombre, Madrid, 2da edition. **IX, XII, 1, 3, 4, 5**
- Esteban, O., Markiewicz, C. J., Blair, R. W., Moodie, C. A., Isik, A. I., Erramuzpe, A., Kent, J. D., Goncalves, M., Dupre, E., Snyder, M., Oya, H., Ghosh, S. S., Wright, J., Durnez, J., Poldrack, R. A., and Gorgolewski, K. J. (2019). fMRIPrep: a robust preprocessing pipeline for functional MRI. *Nat. Methods*, 16:111–116. **53**
- Etkin, A., Egner, T., and Kalisch, R. (2011). Emotional processing in anterior and media prefrontal cortex. *Trends Cogn. Sci.*, 15(2):85–93. **79**
- Ewbank, M. P., Passamonti, L., Hagan, C. C., Goodyer, I. M., Calder, A. J., and Fairchild, G. (2018). Psychopathic traits influence amygdala – anterior cingulate cortex connectivity during facial emotion processing. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.*, (April):525–534. **79**
- Fedorenko, E. and Thompson-Schill, S. L. (2014). Reworking the language network. *Trends Cogn. Sci.*, 18(3):120–126. **77**
- Friedman, N. P. and Miyake, A. (2017). Unity and diversity of executive functions: Individual differences as a window on cognitive structure. *Cortex*, 86:186–204. **83**
- Friston, K., Buechel, C., Fink, G., Morris, J., Rolls, E., and Dolan, R. (1997). Psychophysiological and Modulatory Interactions in Neuroimaging. *Neuroimage*, 6(3):218–229. **55**
- Friston, K., Frith, C., Turner, R., and Frackowiak, R. (1995). Characterizing Evoked Hemodynamics with fMRI. *Neuroimage*, 2(2):157–165. **54**
- Frith, C. (2009). Role of facial expressions in social interactions. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.*, 364(1535):3453–8. **8**

- 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., and Politi, P. (2009). Functional atlas of emotional faces processing: a voxel-based meta-analysis of 105 functional magnetic resonance imaging studies. *J. Psychiatry Neurosci.*, 34(6):418–432. 16, 55, 65
- Gennari, S. P., Millman, R. E., Hymers, M., and Mattys, S. L. (2018). Anterior paracingulate and cingulate cortex mediates the effects of cognitive load on speech sound discrimination. *Neuroimage*, 178(October 2017):735–743. 79
- Ghaziri, J., Tucholka, A., Girard, G., Boucher, O., Houde, J. C., Descoteaux, M., Obaid, S., Gilbert, G., Rouleau, I., and Nguyen, D. K. (2018). Subcortical structural connectivity of insular subregions. *Sci. Rep.*, 8(1):1–12. 17
- Gilmore, R. O., Diaz, M. T., Wyble, B. A., and Yarkoni, T. (2017). Progress toward openness, transparency, and reproducibility in cognitive neuroscience. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 1396(1):5–18. 14
- González-Santos, L., Mercadillo, R., Graff, A., and Barrios, F. (2007). Versión computarizada para la aplicación del listado de síntomas 90 (SCL 90) y del inventario de temperamento y carácter (ITC). *Salud Ment.*, 30(4):31–40. 52
- Gratch, J. (2008). True emotion vs. Social Intentions in Nonverbal Communication: Towards a Synthesis for Embodied Conversational Agents. In Wachsmuth, I. and Knoblich, G., editors, *Model. Commun. with Robot. Virtual Humans Lect. Notes Comput. Sci.*, volume 4930 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 299–307. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg. 23
- Hagoort, P. (2017). The core and beyond in the language-ready brain. *Neurosci. Biobehav. Rev.*, 81:194–204. 77
- Haist, F. and Anzures, G. (2017). Functional development of the brain’s face-processing system. *Wiley Interdiscip. Rev. Cogn. Sci.*, 8(1-2):e1423. 17, 77, 78
- Harms, M. B., Martin, A., and Wallace, G. L. (2010). Facial emotion recognition in autism spectrum disorders: A review of behavioral and neuroimaging studies. *Neuropsychol. Rev.*, 20(3):290–322. 1, 17, 26
- Haxby, J. V., Grady, C. L., Horwitz, B., Ungerleider, L. G., Mishkin, M., Carson, R. E., Herscovitch, P., Schapiro, M. B., and Rapoport, S. I. (1991). Dissociation of object and spatial visual processing pathways in human extrastriate cortex. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 88(5):1621–1625. 15

- Haxby, J. V., Hoffman, E. A., and Gobbini, M. I. (2000). The distributed human neural system for face perception. *Trends Cogn. Sci.*, 4(6):223–233. 77
- Haxby, J. V., Horwitz, B., Ungerleider, L., Maisog, J., Pietrini, P., and Grady, C. (1994). The functional organization of human extrastriate cortex: a PET-rCBF study of selective attention to faces and locations. *J Neurosci*, 14(11 Pt 1):6336–53. 15
- Helman, E., Flake, J. K., and Freeman, J. B. (2015). Static and Dynamic Facial Cues Differentially Affect the Consistency of Social Evaluations. *Personal. Soc. Psychol. Bull.*, 41(8):1123–1134. 8
- Hermans, D., De Houwer, J., and Eelen, P. (2001). A time course analysis of the affective priming effect. *Cogn. Emot.*, 15(2):143–165. 10
- Holtgraves, T. (2008a). Automatic intention recognition in conversation processing. *J. Mem. Lang.*, 58(3):627–645. 4, 47
- Holtgraves, T. M. (1986). Language structure in social interaction: perceptions of direct and indirect speech acts and interactants who use them. *J. Pers. Soc. Psychol.*, 51(2):305–313. 4
- Holtgraves, T. M. (2008b). Conversation, speech acts, and memory. *Mem. Cognit.*, 36(2):361–374. 6
- Izard, C. E. (1992). Basic emotions, relations among emotions, and emotion-cognition relations. *Psychol. Rev.*, 99(3):561–565. 7
- Kanwisher, N. (2017). The Quest for the FFA and Where It Led. *J. Neurosci.*, 37(5):1056–1061. 14
- Kanwisher, N., McDermott, J., and Chun, M. M. (1997). The fusiform face area: a module in human extrastriate cortex specialized for face perception. *J. Neurosci.*, 17(11):4302–11. 15
- Kaulard, K., Cunningham, D. W., Bühlhoff, H. H., and Wallraven, C. (2012). The MPI Facial Expression Database — A Validated Database of Emotional and Conversational Facial Expressions. *PLoS One*, 7(3):1–18. 33
- Kesler-West, M. L., Andersen, A. H., Smith, C. D., Avison, M. J., Davis, C. E., Kryscio, R. J., and Blonder, L. X. (2001). Neural substrates of facial emotion processing using fMRI. *Cogn. Brain Res.*, 11(2):213–226. 15, 16

- Krumhuber, E. G. (2017). A Review of Dynamic Datasets for Facial Expression Research. *Emot. Rev.*, 8(3):280–292. [33](#)
- Lee, K. H., Choi, Y. Y., Gray, J. R., Cho, S. H., Chae, J. H., Lee, S., and Kim, K. (2006). Neural correlates of superior intelligence: Stronger recruitment of posterior parietal cortex. *Neuroimage*, 29(2):578–586. [83](#)
- Liu, T. T. (2012). The development of event-related fMRI designs. *Neuroimage*, 62(2):1157–1162. [14](#)
- Lohse, M. and Overgaard, M. (2018). Emotional priming depends on the degree of conscious experience. *Neuropsychologia*, (October):0–1. [9](#)
- Lucas-Molina, B., Pérez-Albéniz, A., Ortuño-Sierra, J., and Fonseca-Pedrero, E. (2017). Dimensional structure and measurement invariance of the interpersonal reactivity index (IRI) across gender. *Psicothema*, 29(4):590–595. [52](#)
- McRobbie, D. W., Moore, E. A., Graves, M. J., and Prince, M. R. (2006). Seeing is believing: introduction to image contrast. In *MRI From Pict. to Prot.*, volume 85, pages 504–505. Cambridge: M.I.T. Press, New York, 2da edition. [12](#)
- Michon, M., López, V., and Aboitiz, F. (2019). Origin and evolution of human language. In *Prog. Brain Res.*, pages 1–27. [75](#), [81](#), [85](#)
- Mineroff, Z., Blank, I. A., Mahowald, K., and Fedorenko, E. (2018). A robust dissociation among the language, multiple demand, and default mode networks: Evidence from inter-region correlations in effect size. *Neuropsychologia*, 119(September):501–511. [80](#)
- Mohammad, S. M. and Turney, P. D. (2010). Emotions evoked by common words and phrases: using mechanical turk to create an emotion lexicon. *CAAGET '10 Proc. NAACL HLT 2010 Work. Comput. Approaches to Anal. Gener. Emot. Text*, (June):26–34. [ix](#), [xii](#), [42](#), [47](#)
- Moya, C. (2009). Aproximación pragmática a los conceptos de acto de habla y de acción comunicativa. *Rev. Psicoanálisis*, (9):229–244. [4](#)
- Mueller, S. and Piper, B. (2014). The psychology Experiment Building Language (PEBL). *J. Neurosci. Methods*, 30:250–259. [52](#)
- Ochsner, K. N., Chiu, C. Y. P., and Schacter, D. L. (1994). Varieties of priming. *Curr. Opin. Neurobiol.*, 4(2):189–194. [9](#)

- Oleaga, L. and Lafuente, J. (2006). *Aprendiendo los fundamentos de la resonancia magnética*. Editorial Médica Panamericana, Madrid. 12
- Olszanowski, M., Pochwatko, G., Kuklinski, K., Scibor-Rylski, M., Lewinski, P., and Ohme, R. K. (2014). Warsaw set of emotional facial expression pictures: A validation study of facial display photographs. *Front. Psychol.*, 5(OCT):1–8. 32, 33
- Panther, K.-U. and Thornburg, L. (1998). A cognitive approach to inferencing in conversation. *J. Pragmat.*, 30(6):755–769. 6
- Peirce, J. W. (2007). PsychoPy-Psychophysics software in Python. *J. Neurosci. Methods*, 162(1-2):8–13. 43
- Perikos, I. and Hatzilygeroudis, I. (2013). Recognizing Emotion Presence in Natural Language Sentences. In Iliadis, L., Papadopoulos, H., and Jayne, C., editors, *Commun. Comput. Inf. Sci.*, volume 384 of *Communications in Computer and Information Science*, pages 30–40. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg. 8
- Petersen, S. E. and Dubis, J. W. (2012). The mixed block/event-related design. *Neuroimage*, 62(2):1177–1184. 14
- Phillips, M. L., Bullmore, E. T., Howard, R., Woodruff, P. W., Wright, I. C., Williams, S. C., Simmons, A., Andrew, C., Brammer, M., and David, A. S. (1998). Investigation of facial recognition memory and happy and sad facial expression perception: An fMRI study. *Psychiatry Res. - Neuroimaging*, 83(3):127–138. 15
- Piper, B. J., Mueller, S. T., Geerken, A. R., Dixon, K. L., Kroliczak, G., Olsen, R. H., and Miller, J. K. (2015). Reliability and validity of neurobehavioral function on the Psychology Experimental Building Language test battery in young adults. *PeerJ*, 3:e1460. 83
- Posamentier, M. T. and Abdi, H. (2003). Processing faces and facial expressions. *Neuropsychol. Rev.*, 13(3):113–143. 8, 14
- Price, R. R., Allison, J., Massoth, R. J., Clarke, G. D., and Drost, D. J. (2002). Practical aspects of functional MRI. *Med. Phys.*, 29(8):1892–1912. 10, 12, 13
- Puce, A., Allison, T., Gore, J. C., and McCarthy, G. (1995). Face-sensitive regions in human extrastriate cortex studied by functional MRI. *J. Neurophysiol.*, 74(3):1192–9. 15

- Qiu, A., Adler, M., Crocetti, D., Miller, M. I., and Mostofsky, S. H. (2010). Basal Ganglia Shapes Predict Social, Communication, and Motor Dysfunctions in Boys With Autism Spectrum Disorder. *J. Am. Acad. Child Adolesc. Psychiatry*, 49(6):539–551.e4. [79](#)
- Rapp, A. M., Mutschler, D. E., and Erb, M. (2012). Where in the brain is nonliteral language? A coordinate-based meta-analysis of functional magnetic resonance imaging studies. *Neuroimage*, 63(1):600–610. [18](#)
- Recanati, F. (1986). On Defining Communicative Intentions. *Mind Lang.*, 1(3):213–241. [4](#)
- Rellecke, J., Sommer, W., and Schacht, A. (2012). Does processing of emotional facial expressions depend on intention? Time-resolved evidence from event-related brain potentials. *Biol. Psychol.*, 90(1):23–32. [8](#)
- Reyes, G. (2007). *El abecé de la pragmática*. Arco/Libros, S.L., Madrid, 7a edition. [IX](#), [XII](#), [1](#), [3](#), [4](#), [5](#)
- Reyes-Aguilar, A., Valles-Capetillo, E., and Giordano, M. (2018). A Quantitative Meta-analysis of Neuroimaging Studies of Pragmatic Language Comprehension: In Search of a Universal Neural Substrate. *Neuroscience*, 395:60–88. [18](#), [78](#), [79](#)
- Rizzolatti, G., Fabbri-Destro, M., and Gerbella, M. (2019). The Mirror Neuron Mechanism. In *Ref. Modul. Neurosci. Biobehav. Psychol.*, number March, pages 1–12. Elsevier. [19](#)
- Schacter, D. L. and Buckner, R. L. (1998). Priming and the Brain Review. *Neuron*, 20:185–195. [9](#)
- Schulte-Rüther, M., Markowitsch, H. J., Fink, G. R., and Piefke, M. (2007). Mirror Neuron and Theory of Mind Mechanisms Involved in Face-to-Face Interactions: A Functional Magnetic Resonance Imaging Approach to Empathy. *J. Cogn. Neurosci.*, 19(8):1354–1372. [19](#)
- Searle, J. R. (1976). A classification of illocutionary acts. *Lang. Soc.*, 5(1):1–23. [1](#), [5](#)
- Sergent, J., Ohta, S., and Macdonald, B. (1992). Functional Neuroanatomy of Face and Object Processing. *Brain*, 115:15–36. [15](#)

- Sheth, B. R. and Young, R. (2016). Two Visual Pathways in Primates Based on Sampling of Space: Exploitation and Exploration of Visual Information. *Front. Integr. Neurosci.*, 10(November). 77
- Shibata, M., Ichi Abe, J., Itoh, H., Shimada, K., and Umeda, S. (2011). Neural processing associated with comprehension of an indirect reply during a scenario reading task. *Neuropsychologia*, 49(13):3542–3550. 22
- Smith, K. M. and Caplan, D. N. (2018). Communication impairment in Parkinson’s disease: Impact of motor and cognitive symptoms on speech and language. *Brain Lang.*, 185(July):38–46. 79
- Smith, S. M., Jenkinson, M., Woolrich, M. W., Beckmann, C. F., Behrens, T. E., Johansen-Berg, H., Bannister, P. R., De Luca, M., Drobnjak, I., Flitney, D. E., Niazy, R. K., Saunders, J., Vickers, J., Zhang, Y., De Stefano, N., Brady, J. M., and Matthews, P. M. (2004). Advances in functional and structural MR image analysis and implementation as FSL. *Neuroimage*, 23(SUPPL. 1):208–219. 53
- Soares, J. M., Magalhães, R., Moreira, P. S., Sousa, A., Ganz, E., Sampaio, A., Alves, V., Marques, P., and Sousa, N. (2016). A Hitchhiker’s guide to functional magnetic resonance imaging. *Front. Neurosci.*, 10(November):1–35. 13
- Soler, M. and Flecha, R. (2010). Desde los actos de habla de Austin a los actos comunicativos. Perspectivas desde Searle, Habermas y CREA. *Rev. Signos*, 43(2):363–375. 5
- Spreng, R. N. and Andrews-Hanna, J. R. (2015). The Default Network and Social Cognition. *Brain Mapp. An Encycl. Ref.*, 3:165–169. 80
- Srinivasan, R., Golomb, J. D., and Martinez, A. M. (2016). A Neural Basis of Facial Action Recognition in Humans. *J. Neurosci.*, 36(16):4434–4442. 1, 16, 17, 26
- Steven, D. A. and Broce, I. (2016). The neurobiology of gesture and its development. In *Neurobiol. Lang.*, pages 389–398. 81
- Stowe, L. A., Haverkort, M., and Zwarts, F. (2005). Rethinking the neurological basis of language. *Lingua*, 115(7):997–1042. 18
- Tettamanti, M., Buccino, G., Saccuman, M. C., Gallese, V., Danna, M., Scifo, P., Fazio, F., Rizzolatti, G., Cappa, S. F., and Perani, D. (2005). Listening to Action-related Sentences Activates Fronto-parietal Motor Circuits. *J. Cogn. Neurosci.*, 17(2):273–281. 20

- Tettamanti, M., Vaghi, M. M., Bara, B. G., Cappa, S. F., Enrici, I., and Adenzato, M. (2017). Effective connectivity gateways to the Theory of Mind network in processing communicative intention. *Neuroimage*, 155(March):169–176. [21](#), [78](#)
- Tulving, E. and Schacter, D. L. (1990). Priming and human memory systems. *Science (80-.)*, 247(4940):301–306. [9](#), [10](#)
- Tulving, E., Schacter, D. L., and Stark, H. A. (1982). Priming effects in word-fragment completion are independent of recognition memory. *J. Exp. Psychol. Learn. Mem. Cogn.*, 8(4):336–342. [9](#)
- Van Ackeren, M., Casasanto, D., Bekkering, H., Hagoort, P., and Rueschemeyer, S.-A. (2012). Pragmatics in Action: indirect request engage theory of mind areas and the cortical motor network. *J. Cogn. Neurosci.*, 24(11):2237–2247. [22](#), [78](#)
- Van Ackeren, M. J., Smaragdi, A., and Rueschemeyer, S. A. (2016). Neuronal interactions between mentalising and action systems during indirect request processing. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.*, 11(9):1402–1410. [22](#), [78](#)
- van den Brink, D., Van berkum, J. J., Bastiaansen, M. C., Tesink, C. M., Kos, M., Buitelaar, J. K., and Hagoort, P. (2012). Empathy matters: ERP evidence for inter-individual differences in social language processing. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.*, 7(2):173–183. [84](#)
- Van Dijk, T. A. (1977). Context and cognition: knowledge frames and speech act comprehension. *J. Pragmat.*, 1:211–232. [6](#), [7](#)
- Vendrell, P., Junqué, C., and Pujol, J. (1995). La Resonancia Magnética Funcional: una nueva técnica para el estudio de las bases cerebrales de los procesos cognitivos. *Psichothema*, 7(1):51–60. [10](#), [13](#)
- Wagner, P., Malisz, Z., and Kopp, S. (2014). Gesture and speech in interaction: An overview. *Speech Commun.*, 57:209–232. [76](#)
- Walter, H., Adenzato, M., Ciaramidaro, A., Enrici, I., Pia, L., and Bara, B. G. (2004). Understanding intentions in social interaction: the role of the anterior paracingulate cortex. *J. Cogn. Neurosci.*, 16(10):1854–1863. [3](#), [19](#)
- Wandell, B., Dumoulin, S., and Brewer, A. (2009). Visual Cortex in Humans. In *Encycl. Neurosci.*, volume 2, pages 251–257. Elsevier. [77](#)

- Wang, A. T., Lee, S. S., Sigman, M., and Dapretto, M. (2006). Developmental changes in the neural basis of interpreting communicative intent. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.*, 1(2):107–121. 24, 55, 65, 79
- Wang, A. T., Lee, S. S., Sigman, M., and Dapretto, M. (2007). Reading Affect in the Face and Voice. *Arch. Gen. Psychiatry*, 64(6):698. 1, 24, 26, 79
- Westfall, J., Kenny, D. A., and Judd, C. M. (2014). Statistical power and optimal design in experiments in which samples of participants respond to samples of stimuli. *J. Exp. Psychol. Gen.*, 143(5):2020–2045. 46
- Willems, R. M., de Boer, M., de Ruiter, J. P., Noordzij, M. L., Hagoort, P., and Toni, I. (2010). A Dissociation Between Linguistic and Communicative Abilities in the Human Brain. *Psychol. Sci.*, 21(1):8–14. 20
- Williams, R. (2017). Anger as a basic emotion and its role in personality building and pathological growth: The neuroscientific, developmental and clinical perspectives. *Front. Psychol.*, 8(NOV):1–9. 79
- Yule, G. (2013). *The study of language*, volume 53. 3