



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

ESTUDIO DE LOS REFRANES MEXICANOS Y
SUS CORRELATOS CONDUCTUALES Y NEURALES

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

PRESENTA:
ALAN VICENTE CARRILLO PEÑA

TUTOR PRINCIPAL:
DRA. MARÍA MAGDALENA GIORDANO NOYOLA
INSTITUTO DE NEUROBIOLOGÍA, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:
DR. SARAEL ALCAUTER SOLÓRZANO
INSTITUTO DE NEUROBIOLOGÍA, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

DRA. ELIA HAYDÉE CARRASCO ORTÍZ
FACULTAD DE LENGUAS Y LETRAS, UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

QUERÉTARO, QUERÉTARO, DICIEMBRE DE 2017



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.

A mi mamá.

AGRADECIMIENTOS

Desde pequeño me llamaba la atención cómo el cerebro y la mente trabajan juntos, y a la hora de buscar carrera elegí medicina, algo un poco alejado de las ciencias básicas. Después de varias crisis existenciales cambié el rumbo y me sumergí en las neurociencias. Había tomado una de las mejores decisiones de mi vida, pero ahora que estaba dentro del campo, resultó más complicado de lo que parecía.

Las neurociencias amalgaman disciplinas de todos colores, imposibles de abarcar para una sola persona; mi formación me facilitó entender las cuestiones de fisiología y anatomía, pero nada más. No tenía idea de cómo hacer un análisis estadístico, evaluar funciones cognitivas, reclutar participantes, etc., etc., etc.

Lo que pudo ser abrumador se hizo divertido gracias a toda la gente que me ayudó, aportando cada quien desde su área de dominio. Yo fui responsable de llevar a cabo la mayor parte del trabajo, pero no lo habría podido hacer bien sin ustedes.

Gracias a mis tutores, Magda Giordano, Haydée Carrasco y Sarael Alcauter, por su guía.

A los investigadores que me dieron apoyo en aspectos teóricos y técnicos: Erick Humberto Pasaye Alcaraz (Unidad de Resonancia Magnética), Fernando Barrios, Ignacio Rodríguez y Gloria Avecilla.

A los profesores que me dejaron entrar a sus salones de clases para aplicar encuestas a sus alumnos: Isela Hernández Plata, Ana Gabriela Hernández, María Teresa Peña Rangel (Laboratorio de Neurofisiología de los Hábitos), Beatriz Moreno, Marco Antonio Sánchez, Pilar Sánchez, Eduardo Velázquez, Irene López Tauler, Sonia Juárez Habib y muchos más.

A mis compañeras Nelsiyamid López, Elizabeth Valles y Ana Claudia Guerrero por compartir conmigo el arduo trabajo de campo.

A los compañeros que me orientaron con los programas especializados para análisis estadístico y de imágenes: Leopoldo González Santos (Laboratorio de Análisis de Imágenes), Zeus Gracia, Itzamná Sánchez, Raúl Cruces, Víctor Olalde y Francis Manno.

Mención especial merecen Azalea Reyes y Giovanna Licea, ambas compañeras de laboratorio, porque participaron activamente casi en todas las del proyecto y me mostraron cómo hacer las cosas en momentos en que yo estaba perdido.

Gracias a todos los participantes que donaron su tiempo y otros más que nos permitieron ver dentro de sus cabezas. No puedo mencionar sus nombres para no romper las reglas de ética en investigación, pero la mayor parte del crédito es suyo, porque sin sujeto no hay experimento.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, a la Coordinación de Estudios de Posgrado, al Instituto de Neurobiología y al Laboratorio de Plasticidad Cerebral (Proyecto Fronteras CONACyT 2015, no. 225) por darme un lugar para desarrollar mis estudios de posgrado. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por concederme una beca para estudiar sin preocupaciones (número de Currículum Vitae Único: 697312).

A las compañeras que me ayudaron a simplificar los trámites burocráticos y que también me ayudaron en mis clases de videoconferencia: Lupita Amador (Unidad de Posgrado) Carmen Mendoza López (Unidad de Posgrado), Leonor Casanova Rico y María de Lourdes Lara Ayala (Unidad de Videoconferencia).

A mis compañeros de laboratorio, de generación, a los Barriconchis, y a todos los demás que mi mala memoria me impide anotar.

Y sobre todo a mi familia. Mi papá, que me inculcó los valores con los que trato de conducirme en todos los aspectos de mi vida. Mi mamá, que me apoya aunque esté tan lejos de mi Colima. Mis hermanas, que me reciben con los brazos abiertos. Mi novia Fernanda, que ha estado más cerca y me ha visto crecer mejor que nadie.

Definitivamente ha habido tragos amargos en este proyecto, pero también muchas satisfacciones. Me da mucha alegría que los tuve a todos ustedes para ayudarme en el camino. Mi éxito es suyo.

RESUMEN

En el lenguaje pragmático el significado del mensaje emitido no es literal, sino figurado, y para interpretarlo el receptor necesita considerar los gestos y la prosodia del emisor, así como el contexto. Probablemente también estén involucradas la teoría de la mente (TdM), memoria de trabajo (MT) (Kiang y cols., 2007; Thoma y cols., 2009; Bohrn y cols., 2012a) y otras funciones cognitivas. La Hipótesis de la Relevancia Graduada (HRG) de Giora (2003) dice que los estímulos familiares se procesan en el hemisferio cerebral izquierdo y los novedosos en el derecho.

El objetivo de este proyecto fue comprobar si la HRG es válida en la comprensión de refranes mexicanos y corroborar si intervienen la TdM y MT.

A través de diversas encuestas seleccionamos 16 refranes familiares, 16 refranes novedosos y 72 frases literales y los incluimos en un paradigma de imagen por resonancia magnética funcional (IRMf). Reclutamos 18 participantes (8 hombres, media de edad=25.7 años) a quienes además del paradigma les aplicamos pruebas conductuales enfocadas a evaluar la TdM y MT.

La IRMf mostró aumento de actividad en la corteza orbitofrontal y polo temporal izquierdos durante la comprensión de todos los refranes en comparación con las frases literales, que coincide con los correlatos de la MT y TdM. También encontramos activación en la precuña y cuña bilaterales, así como el polo frontal izquierdo, en la comprensión de refranes familiares en comparación con los novedosos; en este caso no hubo coincidencia con los correlatos de la TdM. Hubo activación de áreas de procesamiento visual al comprender frases literales en comparación con los refranes.

Nuestros resultados apoyan la HRG, y por ende que la familiaridad es un elemento importante para la comprensión de los refranes mexicanos, así como la MT y TdM. En la comprensión de refranes familiares la MT parece jugar un papel más importante que la TdM. La comprensión de refranes novedosos parece no reclutar áreas cerebrales más allá de las propias del lenguaje no pragmático.

ABSTRACT

In pragmatic language the meaning of a statement is not literal, but figurative, and to interpret it, the receptor needs to consider gestures or prosody, as well as context. Theory of mind (ToM) and working memory (WM) are likely to be involved (Kiang et al., 2007; Thoma et al., 2009; Bohrn et al., 2012a; and others). The Graded Salience Hypothesis (GSH) by Giora (2003) says that familiar stimuli are processed in the left brain hemisphere, and the novel ones in the right hemisphere.

The objective of this project was to test if GSH is valid in the comprehension of Mexican proverbs, and to corroborate if ToM and MT are involved.

Through different surveys we selected 16 familiar proverbs, 16 novel proverbs, and 72 literal phrases, and included them in a functional magnetic resonance imaging (fMRI) paradigm. We recruited 18 participants (8 men, mean age=25.7 years) to whom, besides the paradigm, we applied behavioral tests focused on assessing ToM and WM.

The fMRI results showed increase of activity in the left orbital frontal cortex and temporal pole during the comprehension of all proverbs compared to literal phrases, which matches the neural correlates of WM and ToM. We also found activation in the bilateral precuneus and cuneus, as well as left frontal pole, in the comprehension of familiar proverbs compared to novel ones; in this case there was no coincidence with ToM neural correlates. There was activation in areas of visual processing when comprehending literal phrases compared to proverbs.

Our results support the GSH, and therefore that familiarity is an important element for the comprehension of Mexican proverbs, as well as WM and ToM. In the comprehension of familiar proverbs WM seems to play a more important role than ToM. The comprehension of novel proverbs seems not to recruit brain areas beyond those associated with non-pragmatic language.

ÍNDICE GENERAL

1. Introducción	
1.1. Definición de lenguaje pragmático	1
1.2. Definición de metáfora	1
1.3. Definición de refrán	1
2. Antecedentes	
2.1. La metáfora desde el punto de vista cognitivo	3
2.2. Estudios con población clínica	5
2.3. Estudios con IRMf	6
2.4. Corolario	7
3. Justificación	10
4. Preguntas de investigación	11
5. Hipótesis de investigación	11
6. Objetivos	
6.1. Objetivo general	12
6.2. Objetivos específicos	12
7. Material y métodos	
7.1. Descripción general	12
7.2. Fase 1: obtención de estímulos experimentales	
7.2.1. Selección primaria de refranes	13
7.2.2. Selección secundaria de refranes	13
7.2.3. Selección terciaria de refranes	15
7.2.4. Selección primaria de frases literales	15
7.2.5. Selección secundaria de frases literales	15
7.2.6. Selección terciaria de frases literales	15
7.3. Fase 2: diseño y prueba de la tarea de comprensión de refranes y el cuestionario de comprensión de refranes	
7.3.1. Registro de tiempos de respuesta a la lectura de refranes	16
7.3.2. Diseño y pruebas del paradigma de la Tarea de Comprensión de Refranes	17
7.3.3. Diseño del Cuestionario de Comprensión de Refranes	18

7.4. Fase 3: aplicación de pruebas conductuales y ejecución de TCR y CCR	
7.4.1. Descripción de la muestra de participantes	19
7.4.2. Pruebas psicométricas aplicadas	20
7.4.3. Descripción del paradigma de IRMf	21
7.4.4. Parámetros de adquisición de imágenes	22
7.4.5. Análisis de imágenes de todo el cerebro	22
7.4.6. Análisis de imágenes de región de interés	23
7.4.7. Análisis estadístico de las variables conductuales de la TCR y el CCR	24
7.4.8. Pruebas de correlación y regresión lineal múltiple entre las variables más relevantes	25
8. Resultados	
8.1 Fase 1: obtención de estímulos experimentales	26
8.2. Fase 2: diseño y prueba de la TCR y el CCR	
8.2.1. Registro de tiempos de respuesta a la lectura de refranes	29
8.3. Fase 3: aplicación de pruebas conductuales y ejecución de TCR y CCR	
8.3.1. Aplicación de pruebas psicométricas	29
8.3.2. Análisis de imágenes de todo el cerebro	33
8.3.3. Análisis estadístico de las variables conductuales de la TCR y el CCR	38
8.3.4. Pruebas de correlación y regresión lineal múltiple entre las variables más relevantes	41
9. Discusión	
9.1. Análisis de imágenes de todo el cerebro	43
9.2. Análisis de las variables conductuales	45
9.3. Análisis de los estímulos lingüísticos	46
9.4. Aplicaciones del proyecto	48
9.5. Limitaciones del proyecto	48
10. Conclusiones	49
11. Referencias	50
Apéndice A. Resonancia magnética funcional	
A.1. Adquisición de imágenes anatómicas por resonancia magnética	55

A.2. Origen de la señal <i>bold</i>	55
A.3. Procesamiento de las imágenes funcionales	56
A.3. Visualización de imágenes	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Correlatos cerebrales de la comprensión de refranes familiares y novedosos (Bohrn, 2012a)	9
Figura 2	Proceso de selección de estímulos experimentales	16
Figura 3	Paradigma utilizado durante el registro de tiempos de respuesta a la lectura de refranes	17
Figura 4	Ejemplo de un reactivo con sus diferentes preguntas en el CCR	18
Figura 5	Paradigma utilizado en la TCR	22
Figura 6	<i>Clusters</i> significativos de los contrastes que prueban nuestras hipótesis experimentales	36
Figura 7	<i>Clusters</i> significativos de los contrastes que muestran el efecto de cada categoría de estímulo cuando están involucradas las frases literales	37
Figura 8	<i>Clusters</i> significativos de los contrastes que muestran el efecto de cada categoría de estímulo cuando están involucrados los refranes novedosos	38

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1	Tiempo de respuesta en función del número de palabras	30
Gráfica 2	Promedios de TR ordenados por categoría	30
Gráfica 3	Resultados crudos obtenidos por los participantes en las subpruebas aplicadas de la BANFE	32
Gráfica 4	Índice de comprensión verbal, memoria de trabajo y coeficiente intelectual obtenidos a través del WAIS	32
Gráfica 5	Resultados crudos obtenidos por los participantes en la TLMO	32
Gráfica 6	Resultados crudos obtenidos por los participantes en la TC	32
Gráfica 7	Proporción de aciertos para cada categoría en la TCR	40
Gráfica 8	Proporción de aciertos para cada categoría en el CCR	40
Gráfica 9	Proporción de cada puntaje crudo obtenido por los participantes al elegir el significado del refrán durante el CCR	40
Gráfica 10	Medianas de calificación de familiaridad de los refranes novedosos en diferentes fases del proyecto	41
Gráfica 11	Medianas de calificación de familiaridad de los refranes familiares y novedosos en el CCR	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Resumen de las áreas cerebrales donde se encuentra aumento de actividad en los diferentes estudios citados	8
Tabla 2	Lista de estímulos experimentales	27
Tabla 3	Reporte de medias, desviaciones estándar y parámetros de referencia de las pruebas psicométricas aplicadas	31
Tabla 4	<i>Clusters</i> significativos en los contrastes más relevantes	34
Tabla 5	Resultados de las pruebas de correlación entre los resultados conductuales y de análisis de RDI	42
Tabla 6	Resultados de los modelos de regresión lineal múltiple en donde las variables predictoras alcanzaron significancia estadística	43

LISTA DE ABREVIATURAS

BANFE: Batería Neuropsicológica de Funciones Ejecutivas y Lóbulos Frontales

BOLD: *Blood oxygen level dependent*, acrónimo en inglés para “dependiente del nivel de oxígeno sanguíneo”

CCR: Cuestionario de Comprensión de Refranes

DE: Desviación estándar

F: Refrán (refranes) familiar(es)

FES: Funciones ejecutivas

HD: Hemisferio derecho

HI: Hemisferio izquierdo

HRG: Hipótesis de la Relevancia Graduada

IRI: Índice de Reactividad Interpersonal

IRMf: Imagen por resonancia magnética funcional

L: Frase(s) literal(es)

M: Memoria de trabajo

N: Refrán (refranes) novedoso(s)

PA: Porcentaje de aciertos

RDI: Región de interés

RFT: Del inglés *Random Field Theory*

TLMO: Tarea de Leer la Mente en los Ojos

TC: Tarea del Cuento

TCR: Tarea de Comprensión de Refranes

TdM: Teoría de la mente

TR: Tiempo de respuesta

WAIS: Escala de Wechsler de Inteligencia para Adultos

$\%_{\Delta BOLD}$: Porcentaje de cambio de la señal *BOLD*

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Definición de lenguaje pragmático

El lenguaje pragmático (también llamado figurado en este texto) es aquél en el cual el significado del mensaje emitido no es literal, sino figurado (o metafórico), y para interpretarlo el receptor necesita tomar en cuenta elementos extralingüísticos como gestos o entonación del emisor, así como el contexto; además de poseer habilidades cognitivas que en el lenguaje “convencional” o “no literal” (estas no son definiciones formales, pero son las más sencillas de manejar en este texto) no se manifiestan. En el estudio del lenguaje “convencional” los científicos están interesados en describir cómo se producen e interpretan los fonemas, morfemas, palabras, oraciones y discursos de manera objetiva. En el lenguaje pragmático se busca explicar los mismos fenómenos, pero tomando en cuenta las intenciones y estados mentales de los implicados.

El lenguaje figurado tiene algunas variantes, con sus particularidades teóricas y experimentales, entre las que destacan la ironía/sarcasmo, los actos de habla, las metonimias y metáforas. Las últimas son el objeto de estudio de este proyecto de investigación, y de manera aún más particular los refranes.

1.2. Definición de metáfora

Una metáfora se define como la utilización de una palabra para designar una realidad distinta a la que convencionalmente representa (Escandell, 1993). Lakoff (1990) ha propuesto el Modelo Contemporáneo de la Metáfora para explicar cómo sucede la abstracción. Según este autor en una metáfora se identifica un dominio fuente y un dominio blanco. El dominio fuente aporta las características (físicas o no físicas) que lo definen, mismas que el dominio blanco toma prestadas para ser descrito. Por ejemplo, en “El trabajo es una cárcel” identificamos “trabajo” como dominio blanco y “cárcel” como dominio fuente. Una cárcel es fea, hostil, desagradable, quien está ahí es por obligación; sus características se toman para describir al trabajo, aunque en la realidad no sea de esa manera.

1.3. Definición de refrán

Un refrán (o preverbio) es una frase independiente, anónima y popular que, en forma directa o preferentemente figurada, expresa, poéticamente, una enseñanza, un consejo

moral o un consejo práctico (Combet, 1971). La fraseología, rama de la lingüística que estudia las unidades fraseológicas¹, nos define las características formales del refrán:

Fijación alta: Se refiere a la propiedad de ser reproducido en el hablar como combinaciones previamente hechas (Zuluaga, 1975b: 230, citado en Corpas, 1996). Por ejemplo, “El león no es como lo pintan” casi siempre es enunciado de la misma manera.

Variación baja: Es la contraparte de la fijación, originada por las características propias del área geográfica, grupo cultural o etario en donde es usado cierto refrán. Algunas palabras pueden ser eliminadas, agregadas, sustituidas por sinónimos u otras diferentes, entre otras modificaciones menores, pero su estructura sintáctica y sentido permanecen íntegros. Por ejemplo, “Nunca digas “de esta agua no beberé”” suele ser cambiado por “Nunca digas ‘de esta agua no he de beber””.

Idiomaticidad alta: Se refiere a que el significado global del refrán no es deducible (a partir) del significado aislado de cada uno de sus elementos constitutivos (palabras) (Makkai, 1972; Wallace, 1979, 1982; Fernando y Flavell, 1981; Benson, 1985, citados en Corpas, 1996). Por ejemplo, si desintegramos “El león cree que todos son de su condición” en palabras individuales nos damos cuenta de que la combinación no tiene sentido lógico, hasta que la frase es considerada como un todo.

Frecuencia de uso alta: Se refiere a que las ocasiones en que se utiliza un refrán, en determinado contexto o situación, son más numerosas que aquéllas en las que se usa cualquier otra combinación de palabras que tenga el mismo sentido. Cuanto más frecuentemente sea usado, más oportunidades tendrá para consolidarse como expresión fija, que los hablantes nativos almacenarán en la memoria (Pawley y Syder, 1984, citados en Corpas, 1996), llevando a su institucionalización. Por ejemplo, después de habernos saciado de comida, es más común que exclamemos “Barriga llena, corazón contento”, que “Estoy lleno y feliz”, “Me siento alegre porque llené el estómago”, o cualquier otro enunciado parecido.

¹ Una unidad fraseológica es una unidad léxica formada por más de dos palabras gráficas en su límite inferior, cuyo límite superior se sitúa en la oración compuesta (Corpas, 1996). La misma autora las agrupa en cuatro esferas: la I incluye las colocaciones (p. ej. “Estalló la guerra”), la II las locuciones (p. ej. “Dar gato por liebre”), la III las paremias (p. ej. “El león cree que todos son de su condición”) y la IV las fórmulas rutinarias (p. ej. “buenos días”). Revisar cada una de ellas escapa a los objetivos de este trabajo, baste decir que presentan características como fijación, variación, idiomaticidad, frecuencia de uso, significado denotativo, entre otras en mayor o menor medida, y de eso depende la esfera a la cual pertenecen.

Institucionalización alta: Es el resultado de la mayor frecuencia de uso de un refrán en las comunicaciones cotidianas, es decir, la repetición (Corpas, 1996). Entonces pasa a formar una parte constitutiva de la lengua y es identificado por la mayoría de sus hablantes como entidades por sí mismas, con su propio significado y condiciones de empleo. Por ejemplo, la mayoría de los mexicanos reconocemos “Agua que no has de beber, déjala correr” como un refrán y no como una frase aleatoria.

Significado denotativo variable: Los refranes pueden presentar dos tipos de significado denotativo: literal y figurativo (también llamado figurado o metafórico en este trabajo) (ibíd.). Cuando es literal, el refrán describe al mundo tal cual es sin usar ningún tipo de abstracción. Por el contrario, cuando el significado es figurativo, sí se usan abstracciones, que pueden ser metáforas, metonimias, símbolos, o cualquier otro, para representar la realidad. Por ejemplo, el significado denotativo de “No dejes para mañana lo que puedes hacer hoy” podría considerarse como literal, mientras que el de “Al que madruga Dios le ayuda” sería figurativo.

2. ANTECEDENTES

2.1. La metáfora desde el punto de vista cognitivo

Para Grice (1975) el cerebro procesa la metáfora de manera seriada: 1) recibe el mensaje; 2) le atribuye un significado literal; 3) detecta que el significado literal que ha atribuido no es coherente con el contexto; 4) analiza el contexto; 5) utiliza lo que aprendió del contexto para atribuirle al mensaje un sentido figurado. Gibbs (1995), por otro lado, piensa que tales computaciones se hacen en paralelo. Ninguno de los dos llega a proponer un sustrato anatómico de este trabajo cognitivo.

Giora (1997, 2003) va un poco más lejos al involucrar a la relevancia como un factor fundamental en la interpretación de la metáfora. A través de su Hipótesis de la Relevancia Graduada (HRG) explica lo siguiente: cuando una frase metafórica se ha vuelto familiar para un individuo, éste ya sabe que su significado es figurado y por lo tanto tarda menos en darle una interpretación cada vez que la escucha o lee. En contraste, cuando la frase no es familiar el sujeto desconoce su significado figurado, por lo que la primera interpretación que intentará abstraer será la literal; sin embargo le resultará incongruente o incompleta, y entonces procederá a construir la que es figurada, haciendo el proceso más largo. Así que para las metáforas familiares el significado más relevante es el figurado y para las novedosas el literal.

También sostiene que en el hemisferio derecho (HD) sucede el procesamiento de las metáforas novedosas y en el hemisferio izquierdo (HI) el de las familiares o relevantes, después de citar varios experimentos de diferentes autores. Por mencionar algunos, en el de Giora y cols. (2000) reportaron que pacientes con daño al hemisferio cerebral izquierdo tuvieron menor desempeño que los que tenían el daño en el hemisferio derecho y los que no tenían daño, al interpretar metáforas convencionales. En el de Bottini y cols. (1994) encontraron aumento de actividad preponderantemente en el HD en participantes aparentemente sanos que leyeron metáforas novedosas, en comparación con la lectura de frases literales.

Además de la participación de cada hemisferio en diferentes aspectos de la comprensión de la metáfora, se ha propuesto que otras habilidades cognitivas, como las funciones ejecutivas (FEs) y la teoría de la mente (TdM), están involucradas en el proceso. Primero definiremos en qué consisten estas habilidades y por qué se cree que podrían estar implicadas, y posteriormente proporcionaremos parte de la evidencia que sostiene la creencia.

Las FEs permiten controlar, regular y planear la conducta y procesos cognitivos (Flores-Lázaro y cols., 2014); las que más se han asociado al procesamiento de la metáfora son memoria de trabajo (MT), control inhibitorio y flexibilidad mental (Rapp y cols., 2012). Gracias al meta análisis de Rottschy y cols. (2012) sabemos que la red central² de la MT está formada por la corteza frontal medial posterior, surco intraparietal, ínsula anterior, giro frontal inferior pars opercularis bilateral y corteza prefrontal lateral caudal, todos bilaterales. El meta análisis de Swick y cols. (2011) encontró que la red del control inhibitorio incluye el giro frontal medio, precuña y tálamo derechos; ínsula, giro fusiforme y supramarginal izquierdos; giro frontal superior, frontal inferior, precentral y lóbulo parietal inferior bilaterales. No hallamos meta análisis que mostraran los correlatos anatómicos de tareas de flexibilidad mental (tabla 1).

² Hoy encontramos numerosos estudios que describen los correlatos imagenológicos de una función cognitiva con resultados que varían dependiendo de los participantes, tarea, etc., y se complica determinar los que de verdad corresponden a ella. Por eso en esta tesis decidimos guiarnos por meta análisis. Éstos toman tantos trabajos como hallen sobre el tema y encuentran las áreas anatómicas donde se traslapen los resultados, a lo que llamaremos convenientemente "red central". La descripción de una "red central" se queda justo en eso, sin llegar a concluir en qué grado interviene cada región cerebral al proceso completo. Describir los métodos de los meta análisis escapa a nuestros objetivos, el lector puede revisar los trabajos de Radua y cols. (2012) y Eickoff y cols. (2009) para conocer más.

Se ha supuesto que la memoria de trabajo interviene en la comprensión de metáforas porque, al momento de escuchar o leer una, el receptor tiene que estar relacionando los diferentes dominios a los que pertenecen las palabras, y que no significan lo que él tiene almacenado en su lexicón; y lo tiene que hacer al mismo tiempo que recibe nueva información, proveniente de contexto, de los gestos del emisor, etc. En el caso del control inhibitorio, se cree que ayuda al receptor a dejar de darle un significado literal a algo que no lo tiene, y en su lugar construir una interpretación figurada (Rapp y cols., 2012).

La TdM es la capacidad de inferir estados mentales en otros (Premack y Woodruff, 1978); el meta análisis de Schurz y cols. (2014) descubrió que su red central está constituida por la unión temporoparietal bilateral y el giro frontal medio izquierdo (tabla 1).

En un contexto comunicativo que no incluya lenguaje, la TdM ayuda a los individuos a descifrar lo que el otro está pensando o sintiendo. Se cree que en una situación que incluya el uso de metáforas habladas o escritas, esta misma habilidad permite que el receptor sepa lo que el emisor quiere decir con su mensaje (Sperber y Wilson, 2002).

Ahora mostraremos parte de la evidencia que existe para probar lo que hemos apuntado. La que corresponde al efecto de la familiaridad y el papel de cada hemisferio en la comprensión de las metáforas ha resultado controversial. En cambio, los resultados que sostienen la participación de las FEs y TdM han sido más uniformes. Expondremos primero lo que sabemos gracias a los estudios con población clínica, y después lo realizado en personas sin padecimientos neurológicos, utilizando imagen por resonancia magnética funcional (IRMf). El apéndice A reseña el funcionamiento de esta técnica.

2.2. Estudios con población clínica

Estudios clínicos con pacientes con traumatismo craneoencefálico (Zimmermann y cols., 2011), enfermedad de Parkinson (Papagno y cols., 2013), trastorno del espectro autista (Happé, 1993; Lee y cols., 2015), entre otros, han mostrado una relación entre la patología y la dificultad para comprender el lenguaje figurado. Desarrollaremos un par de ejemplos provenientes de pacientes con esquizofrenia.

Kiang y cols. (2007) aplicaron una prueba de comprensión de refranes y otra de memoria de trabajo auditiva en 18 pacientes con esquizofrenia y 18 controles sanos. Los pacientes explicaron los refranes de manera menos acertada y abstracta que los controles, y esta dificultad estuvo correlacionada significativamente con déficit de memoria de trabajo.

Thoma y cols. (2009) reclutaron 24 pacientes con esquizofrenia, 20 con dependencia alcohólica y 34 controles sanos. Se les administró una tarea de comprensión de refranes y otra de funciones ejecutivas. Los pacientes esquizofrénicos eligieron la interpretación abstracta y significativa menos frecuentemente y en su lugar escogieron la incorrecta y concreta más seguido que los pacientes dependientes del alcohol y controles, además de que tenían deficiencias en las pruebas de funcionamiento ejecutivo.

Gavilán y Albea (2011) trabajaron con 22 pacientes esquizofrénicos y 22 controles sanos; les aplicaron 3 pruebas de TdM y 6 comprensión de lenguaje, una de las cuales incluía refranes. Los análisis de correlación mostraron una conexión entre las deficiencias en TdM y la comprensión de refranes.

También vale la pena mencionar el trabajo hecho por Chiappe y Chiappe (2006), quienes aplicaron pruebas de memoria de trabajo y control inhibitorio, así como una prueba de comprensión de metáforas, a individuos sanos; encontraron que aquéllos con puntajes altos en las pruebas de funciones ejecutivas generaron mejores interpretaciones de metáforas que los de puntajes bajos.

Cabe destacar que en ninguna ocasión se segregaron las metáforas o refranes entre familiares y novedosos, sino que se consideraron todos elementos de un mismo conjunto. Donde sí existió una distinción entre ambos tipos de estímulos lingüísticos fue en algunos de los trabajos que mencionamos a continuación.

2.3. Estudios con IRMf

Bohrn y cols. (2012a) publicaron un meta análisis con 24 estudios de IRMf que clasificaron en cuatro categorías de acuerdo a la modalidad de lenguaje usado: metáforas, ironía/sarcasmo, frases idiomáticas/refranes y frases literales. El contraste metáforas>lenguaje no pragmático mostró activación en los giros frontal superior, frontal medial, frontal inferior, temporal medio y temporal inferior en el HI, así como el giro frontal inferior derecho. El contraste lenguaje no pragmático>metáforas evidenció involucramiento de la precuña, giro frontal inferior y lóbulo parietal inferior derechos. El contraste metáforas familiares>metáforas novedosas reportó activación del giro temporal medio, giro frontal inferior y tálamo, todos en el HI. Metáforas novedosas>metáforas familiares resultó en activación del giro frontal medio, giro temporal inferior y giro parahipocampal, en el HI; así como la corteza cingulada anterior e ínsula en el HD (tabla 1).

Ahora bien, como ha podido observar el lector, estos resultados corresponden a comprensión de metáforas y no de refranes, porque en el momento en que se escribía esta tesis los integrantes del laboratorio sólo conocíamos dos estudios que hubieran explorado este tipo de estímulos. El primero de Poppenk y Moscovitch (2011), que usaron refranes en habla inglesa como familiares y otros en chino como novedosos, pero no hicieron un análisis de todo el cerebro, sino que analizaron el grosor cortical del hipocampo en relación a la realización de la tarea. Así que sus resultados no son equiparables con los nuestros.

El segundo protocolo es el de Bohrn y cols. (2012b). Crearon 5 categorías de estímulos lingüísticos: refranes familiares, refranes novedosos, refranes hechos novedosos mediante sustitución de una palabra del refrán familiar por un sinónimo, refranes hechos novedosos mediante sustitución de una palabra del refrán familiar por una palabra conceptualmente diferente, y frases no retóricas. No reportaron ningún contraste que incluyera los refranes como grupo contra las frases literales, en ninguna de las dos direcciones. Al contrastar refranes familiares>refranes novedosos observaron activación en los giros frontal superior, frontal medio, temporal inferior, cíngulo posterior, lóbulo parietal inferior, precuña y cuña, en el HI; así como los giros frontal superior, frontal medio, temporal inferior, cíngulo anterior, supramarginal y lóbulo parietal, en el HD. En el contraste refranes novedosos>refranes familiares se encontró activación en los giros frontal superior, frontal medio, frontal inferior, temporal superior, temporal medio, parahipocampal, occipital medio, precentral, fusiforme, cuña y cerebelo en el HI; así como los giros frontal medio, frontal inferior, temporal superior, temporal medio, precentral, occipital medio y lingual, cuña y cerebelo en el HD (figura 1, tabla 1).

2.4. Corolario

De lo anterior vemos que al contrastar el lenguaje “convencional” con metáforas encontramos activación en regiones parietales y frontales posteriores, con predominio del hemisferio derecho.

Referencia	Reporte	Áreas en HI	Áreas en ambos hemisferios	Áreas en HD
Rottschy y cols., 2012	Red central de la MT		corteza frontal medial posterior surco intraparietal ínsula anterior giro frontal inferior pars opercularis corteza prefrontal lateral caudal	
Swick y cols., 2011	Red central del control inhibitorio	ínsula giro fusiforme giro supramarginal	giro frontal superior giro frontal inferior giro precentral lóbulo parietal inferior	giro frontal medio precuña tálamo
Schurz y cols., 2014	Red central de la TdM	giro frontal medio	unión temporoparietal	
Bohrn y cols., 2012a	Metáforas > lenguaje no pragmático	giro frontal superior giro frontal medial giro frontal inferior giro temporal medio giro temporal inferior		giro frontal inferior
	Lenguaje no pragmático > metáforas			precuña giro frontal inferior lóbulo parietal inferior
	Metáforas familiares > metáforas novedosas	giro frontal medio giro frontal inferior tálamo		
	Metáforas novedosas > metáforas familiares	giro frontal medio giro frontal inferior giro temporal inferior giro parahipocampal		corteza cingulada anterior ínsula
Bohrn y cols., 2012b	Refranes familiares > refranes novedosos	giro frontal superior giro frontal medio giro temporal inferior cíngulo posterior lóbulo parietal inferior precuña cuña		giro frontal superior giro frontal medio giro temporal inferior cíngulo anterior giro supramarginal lóbulo parietal
	Refranes novedosos > refranes familiares	giro frontal superior giro frontal medio giro frontal inferior giro temporal superior giro temporal medio giro parahipocampal giro occipital medio giro precentral giro fusiforme cuña cerebelo		giro frontal medio giro frontal inferior giro temporal superior giro temporal medio giro precentral giro occipital medio giro lingual cuña cerebelo

Tabla 1. Resumen de las áreas cerebrales donde se encuentra aumento de actividad en los diferentes estudios citados en el texto. HI = hemisferio izquierdo; HD = hemisferio derecho; MT = memoria de trabajo; TdM = teoría de la mente.

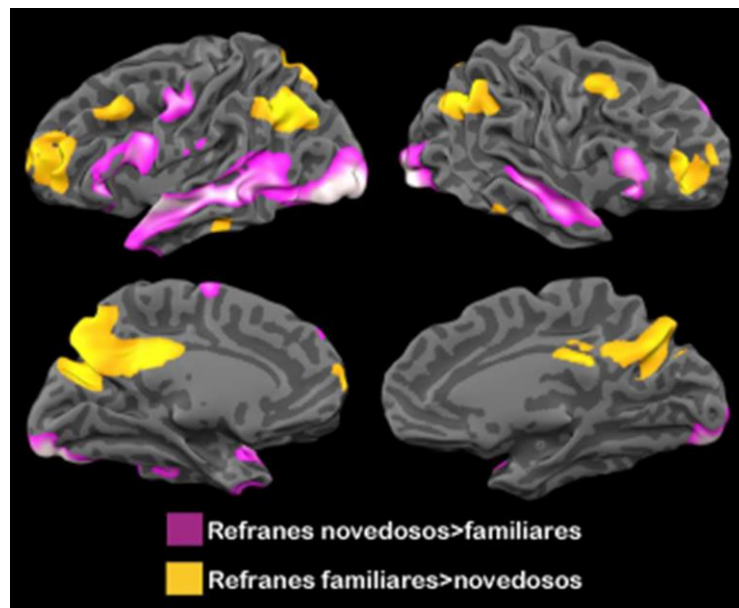


Figura 1. Correlatos cerebrales de la comprensión de refranes familiares y novedosos de acuerdo a los resultados de Bohrn (2012a). Imagen modificada de la misma referencia.

La interpretación de metáforas recluta áreas prefrontales, parietales posteriores, temporales superiores, cíngulo y tálamo, con predominio izquierdo. Están representadas, como mencionamos antes, regiones asociadas con la TdM, MT y control inhibitorio. Podría ser que la TdM ayude al receptor a inferir las intenciones verbales y no verbales del emisor (Sperber, 2002). Las FEs podrían estar colaborando en la supresión del significado más saliente en favor del menos cuando sea necesario (Rapp y cols., 2012).

Si tomamos en cuenta el único artículo original del que disponemos para revisar los correlatos de la interpretación de refranes por familiaridad (Bohrn y cols., 2012b), vemos que en efecto, existe diferencia. Los refranes familiares reclutan regiones frontales posteriores, temporales y occipitales bilaterales, los novedosos frontales anteriores, parietales mediales y laterales, bilateralmente también.

Estas descripciones funcionaron como guía para nuestro proyecto y definieron las áreas cerebrales que esperaríamos encontrar en los contrastes correspondientes. En el caso de la interpretación de frases literales supusimos que sus correlatos serían parecidos a los encontrados por el meta análisis de Bohrn (2012a), con predominancia del HD. En cuanto a la interpretación de refranes como conjunto, propusimos que ocuparía regiones relacionadas con la TdM y/o FEs, esta vez más acusado en el HI. Hablando de la familiaridad, pensamos que los refranes familiares, al estar “consolidados” en el lexicon de los participantes, no

necesitarán un trabajo cognitivo intenso, sino que sería parecido al de la comprensión del lenguaje no pragmático, y por lo tanto sus correlatos cerebrales también. Caso contrario a los novedosos, que necesitarían un esfuerzo extra y por lo tanto áreas relacionadas con la TdM y FEs. Ya que no contamos aún con evidencia que respalde o contradiga contundentemente la HRG de Giora decidimos quedarnos con una hipótesis teórica, estableciendo que los familiares reclutarían al hemisferio izquierdo y los novedosos al derecho.

3. JUSTIFICACIÓN

La mayor parte de la comunicación que los seres humanos llevamos a cabo es a través de lenguaje figurado. Cada idioma del mundo tiene su forma particular de formar metáforas, chistes, frases irónicas, entre otras figuras. El hecho de que la mayoría de las personas seamos capaces de descifrar el significado de estos mensajes quiere decir que el cerebro está trabajando de una manera particular, diferente a cuando se utiliza lenguaje no figurado.

Enfermedades como el trastorno de espectro autista, esquizofrenia o patologías de ganglios basales, de las cuales se conoce la fisiopatología, han servido como modelo para comenzar a entender el lenguaje pragmático. Los estudios conductuales que comenzaron en la segunda mitad del siglo pasado han arrojado una buena cantidad de información acerca de la manera en la que algunas figuras del lenguaje figurado son interpretadas, que se han complementado con la localización de áreas cerebrales relacionadas con estas tareas por las técnicas de neuroimagen.

La neuropragmática se encarga de entender las bases neurales de las habilidades pragmáticas (Bambini y Bara, 2012); es decir, cómo el cerebro humano procesa el lenguaje pragmático. Se alimenta de la medicina, psicología, neurociencias, lingüística, entre otras disciplinas. Es un campo no tan nuevo que ha cobrado fuerza junto con el mejoramiento de los métodos de neuroimagen y electrofisiología.

A la fecha no sabemos exactamente cómo las diferentes funciones cognitivas trabajan juntas para decodificar el lenguaje figurado, que podría incluso tratarse de una función cognitiva autónoma. Los datos con los que contamos hasta ahora no nos permiten hacer conclusiones de este tipo y los métodos experimentales utilizados para estos fines todavía son sujetos a muchas mejoras. Así pues, la neuropragmática necesita más experimentos para madurar.

Decidimos utilizar refranes mexicanos como modelo experimental para estudiar el lenguaje pragmático porque supone varias ventajas. Muchos son reconocidos por la mayoría de las personas de nuestro país, y aquéllos que no, serán utilizados como variable independiente. Son frases con pocas palabras que pueden ser fácilmente acomodadas en la pantalla de un resonador magnético. Su significado puede ser inferido fácilmente sin necesidad de un contexto, por lo que no será necesario que generemos párrafos nuevos, sino que será suficiente con presentar los refranes.

Sabemos que en cualquier estudio que involucre lenguaje el idioma tiene una gran injerencia en los resultados; en español los reportes son muy escasos y podría ser que nuestros hallazgos se desvíen un poco de la convención general. La única manera de comprobarlo es llevando a cabo los experimentos que hemos propuesto.

4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- 1) ¿La comprensión de refranes mexicanos, independientemente de su familiaridad, involucra áreas relacionadas con la teoría de la mente?
- 2) ¿La comprensión de refranes mexicanos, independientemente de su familiaridad, involucra áreas relacionadas con las funciones ejecutivas?
- 3) ¿La comprensión de refranes mexicanos familiares involucra áreas parecidas a la de la comprensión de frases literales?
- 4) ¿La comprensión de refranes mexicanos novedosos involucra áreas relacionadas con la teoría de la mente?
- 5) ¿La comprensión de refranes mexicanos novedosos involucra áreas relacionadas con las funciones ejecutivas?

5. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

- 1) La comprensión de refranes mexicanos, independientemente de su familiaridad, involucrará áreas relacionadas con teoría de la mente.
- 2) La comprensión de refranes mexicanos, independientemente de su familiaridad, involucrará áreas relacionadas con las funciones ejecutivas.
- 3) La comprensión de refranes mexicanos familiares involucrará áreas relacionadas con la comprensión de frases literales.

- 4) La comprensión de refranes mexicanos novedosos involucrará áreas relacionadas con la teoría de la mente.
- 5) La comprensión de refranes mexicanos novedosos involucrará áreas relacionadas con las funciones ejecutivas.

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo general

Describir los correlatos cerebrales de la interpretación de refranes mexicanos utilizando imagen por resonancia magnética funcional.

6.2. Objetivos específicos

- 1) Elaborar y aplicar una tarea de comprensión de refranes mexicanos dentro del resonador magnético y determinar las áreas cerebrales involucradas en su ejecución.
- 2) Comparar los correlatos cerebrales de la comprensión de refranes mexicanos novedosos con refranes mexicanos familiares y con frases literales.
- 3) Comparar los correlatos cerebrales de la comprensión de refranes mexicanos novedosos con aquéllos de la teoría de la mente.
- 4) Comparar los correlatos cerebrales de la comprensión de refranes mexicanos novedosos con aquéllos de las funciones ejecutivas.
- 5) Elaborar y aplicar un cuestionario de comprensión de refranes mexicanos fuera del resonador de donde se puedan extraer respuestas correctas e incorrectas.

7. MATERIAL Y MÉTODOS

7.1. Descripción general

El fin último de este proyecto es describir los correlatos cerebrales de la interpretación de refranes mexicanos. Cuando comenzamos a trabajar en él no había reportado ningún trabajo de este tipo en español, por lo que fue necesario diseñar, elaborar y probar cada una de sus partes nosotros mismos. Para hacer más clara la exposición de su desarrollo la dividimos en tres fases. En cada ocasión en que se hizo una actividad diferente, en una fase distinta o dentro de la misma, se reclutó una muestra nueva de participantes aplicando los mismos criterios de selección en todas.

7.2. Fase 1: Obtención de estímulos experimentales

7.2.1. Selección primaria de refranes

Revisamos 5 refraneros (antologías de refranes) mexicanos: Carbonell, 2002; Pérez (2004), Mejía (1985), Appendini (1997) y Flores (2003) y transcribimos los proverbios a una base de datos excluyendo los misóginos, xenofóbicos, con connotación sexual o groserías. La decisión de excluir ese tipo de refranes fue para que no difirieran en términos de valencia emocional (que definiremos más adelante). Los transcribimos respetando el estilo de redacción original, junto con el significado provisto por el autor. Obtuvimos 747 refranes: 166 de Carbonell (2002), 194 de Pérez (2004), 38 de Mejía (1985), 94 de Appendini (1997), y 255 de Flores (2003).

7.2.2. Selección secundaria de refranes

Si bien en la sección 1.3 mostramos algunas de las características de los proverbios, mencionadas en los textos de fraseología, decidimos definir y utilizar otras más para facilitar su evaluación:

Comprensibilidad: f. Cualidad de comprensible. Comprensible: adj. Que se puede comprender. Comprender: tr. Entender, alcanzar o penetrar algo (RAE, 2017). En este proyecto se emplea como la facilidad o dificultad que tiene un individuo de entender las palabras que contiene un refrán, sin tomar en cuenta el significado que pueda tener.

Familiaridad: f. Contacto habitual o conocimiento profundo (Ibíd.). En este proyecto se refiere a qué tan seguido un sujeto lee, escucha o usa un refrán en su vida diaria. Aparentemente el término tiene semejanza con la institucionalización, sin embargo mientras que ésta última indica cierto nivel de reconocimiento en un grupo de personas, la familiaridad se refiere a lo mismo pero en un individuo.

Literalidad: f. Cualidad de literal. Literal: adj. Conforme a la letra del texto, o al sentido exacto y propio, y no lato ni figurado, de las palabras empleadas en él (Ibíd.). En este proyecto quiere decir qué tan metafórico o no metafórico es el significado de un refrán. Este término y el de significado denotativo son iguales.

Valencia emocional: Describe el rango en el que una emoción es agradable o desagradable (positiva, negativa) (Feldman Barret y Russell, 1999, citados en Citron, 2014). En este proyecto hace referencia a qué tan agradable o desagradable es la sensación que le evoca a un individuo la lectura de un refrán.

Dividimos los refranes seleccionados en cuadernillos con diferente número de enunciados cada uno. Cada refrán fue evaluado en cuanto a las características descritas con una escala de Likert de 4 puntos: familiaridad (1 = poco conocido, 4 = muy conocido), comprensibilidad (1 = fácil de comprender, 4 = difícil de comprender), literalidad (1 = significado literal, 4 = significado metafórico) y valencia emocional (1 = valencia positiva, 4 = valencia negativa). Además cada refrán estuvo acompañado de una pregunta abierta que decía “Escribe con tus propias palabras qué significa el refrán”. Cada cuadernillo se imprimió 30 veces para obtener un total de 870 cuadernillos.

Recorrimos Ciudad Universitaria en la Ciudad de México y el Centro Histórico de la Ciudad de Querétaro para obtener participantes, pero la mayor parte del trabajo de campo fue en las escuelas. Visitamos los salones de clases de diferentes facultades de la Universidad Autónoma de Querétaro (Facultad de Psicología, Facultad de Lenguas y Letras, Facultad de Química y Facultad de Ciencias Naturales), así como de la Universidad Tecnológica de Querétaro y Universidad Cuauhtémoc Campus los Arcos. Solicitamos a los estudiantes que contestaran un cuadernillo cada uno, seleccionando aleatoriamente el que se entregaba al alumno. La muestra estuvo compuesta de 599 personas (109 hombres, media de edad = 20.5 años, DE = 2.3 años).

Transcribimos los datos a una hoja de cálculo e hicimos su análisis con R (R Development Core Team, 2008). Para cada refrán calculamos la frecuencia y el porcentaje normalizado de cada una de las respuestas de las escalas de Likert (1, 2, 3, 4).

Hicimos una primera selección de los refranes: aquéllos calificados como comprensibles (calificación de 1) por más del 50% de los participantes. Posteriormente seleccionamos los no calificados como literales ni metafóricos (calificación de 2 y 3) por la misma cifra de personas. Hicimos una tercera selección en la cual dividimos los refranes en dos grupos: los considerados familiares (calificación de 4) y novedosos (calificación de 1) por el mismo porcentaje. En este último caso el criterio se hizo más laxo debido a que si se buscan los refranes que cumplan con el criterio más estricto (porcentaje de respuesta de 1) sólo se obtiene 1 enunciado. No controlamos el porcentaje de valencia emocional. De esta manera obtuvimos dos grupos de refranes: fáciles de comprender, cuyo significado no es ni familiar ni metafórico, familiares (F, n = 30), y fáciles de comprender, cuyo significado no es ni familiar ni metafórico, novedosos (N, n = 24).

7.2.3. Selección terciaria de refranes

Contamos el número de palabras de los refranes familiares y novedosos y seleccionamos 16 de cada grupo, cada uno con un promedio de 7 y desviación estándar de 2 palabras, para ser utilizados como estímulos experimentales en la tarea del resonador magnético.

7.2.4. Selección primaria de frases literales

Los integrantes del Grupo de Ingeniería Lingüística (GIL, Instituto de Ingeniería, UNAM) extrajeron 244 frases literales (L) con una estructura sintáctica parecida a la de los refranes, con 5 a 9 palabras, a partir de corpus lingüísticos. Por ejemplo, para “Agua que no has de beber, déjala correr” obtuvieron “Líder que no debes de seguir, hazlo caer”; para “El león cree que todos son de su condición” encontraron “El amor surge cuando ambos son de su edad”.

7.2.5. Selección secundaria de frases literales

Debido a que las frases obtenidas previamente no son del todo coherentes, en el laboratorio seleccionamos 240 e hicimos una nueva modificación. Por ejemplo, “Líder que no debes de seguir, hazlo caer” se modificó a “Llegar a ser buen líder es difícil”; “El amor surge cuando ambos son de su edad” cambió a “Puede surgir amor entre personas de la misma edad”. Cuidamos que siguieran teniendo entre 5 y 9 palabras. Las dividimos en dos cuadernillos y les agregamos escalas de Likert para comprensibilidad y valencia emocional, iguales a las que aparecían en los cuadernillos con refranes. Acudimos a los salones de clases del Centro de Estudios de Lenguas Extranjeras de la UNAM Campus Juriquilla, y encontramos 29 participantes nuevos para contestar un cuestionario por participante.

7.2.6. Selección terciaria de frases literales

Transcribimos los datos a una hoja de cálculo y seleccionamos aquellas frases literales en donde más del 50% de los encuestados hubieran elegido 1 en comprensibilidad, y donde más del 50% hubieran elegido 2 ó 3 en valencia emocional, resultando 80 frases. Después seleccionamos 72 frases al azar, y este número fue el que utilizamos como estímulos control en el paradigma de resonancia magnética. La figura 2 es un resumen gráfico de todos los pasos de esta fase.

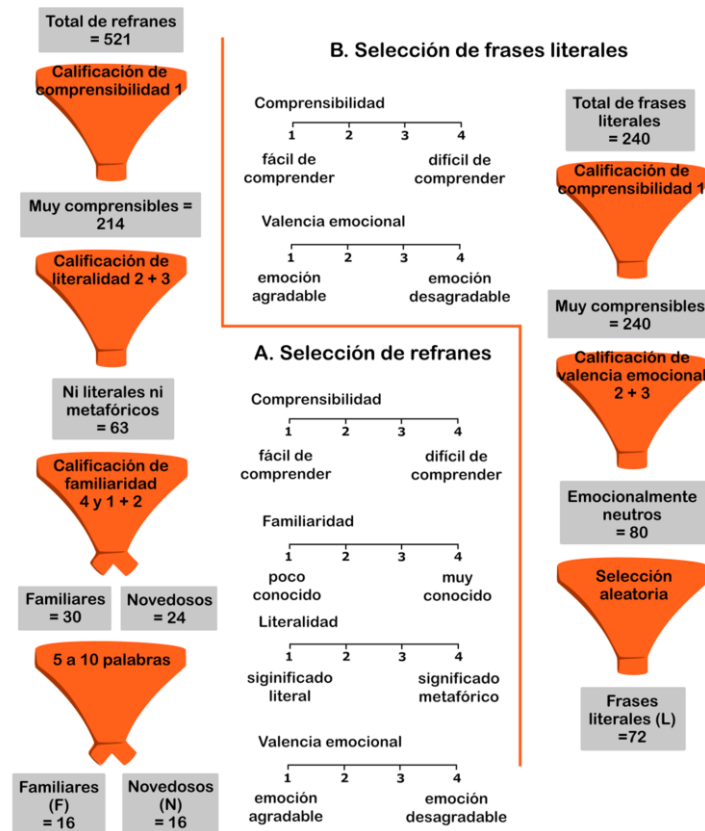


Figura 2. Proceso de selección de estímulos experimentales. F = refranes familiares; N = refranes novedosos; L = frases literales.

7.3. Fase 2: Diseño y prueba de la Tarea de Comprensión de Refranes y el Cuestionario de Comprensión de Refranes

7.3.1. Registro de tiempos de respuesta a la lectura de refranes

Hicimos estos registros para saber cuánto tiempo debía permanecer un refrán o una frase literal en la pantalla, en el momento de hacer el experimento dentro del resonador magnético, es decir, en la última fase del proyecto. Reclutamos una muestra nueva de 10 participantes (6 hombres). Después de firmar consentimiento informado se sentaron frente a una computadora portátil y resolvieron un paradigma programado en PsychoPy (Jonathan Peirce, 2015), que tiene la secuencia siguiente: Aparece una cruz de fijación por 2 a 4 s, posteriormente un refrán que desaparece al momento en que el sujeto presiona la barra espaciadora, seguido de la pantalla en blanco por 2 s, y por último una o varias palabras que describen un tema; el sujeto decide si el refrán que acaba de leer pertenece o no al campo semántico que está leyendo (flecha derecha = sí, flecha izquierda = no); cuando el sujeto presiona la tecla correspondiente el ciclo vuelve a comenzar (figura 3).

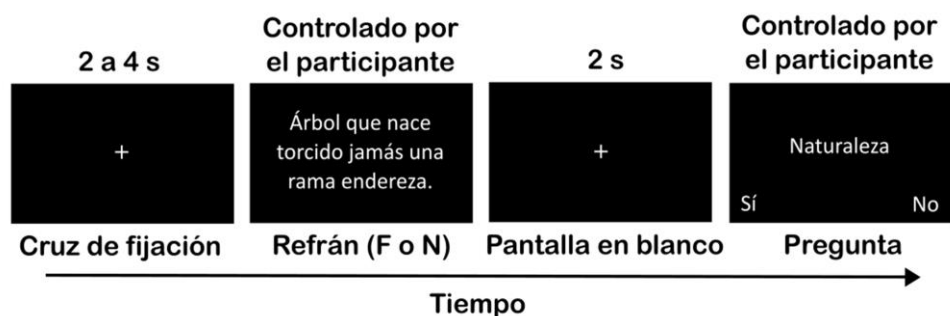


Figura 3. Paradigma utilizado durante las pruebas piloto conductuales de registro de tiempos de respuesta a la lectura de refranes.

7.3.2. Diseño y pruebas del paradigma de la Tarea de Comprensión de Refranes

El objetivo del paradigma de IRMf era forzar al participante a interpretar el estímulo experimental desde que lo estaba leyendo y para eso hicimos que apareciera una pregunta en 25% de los ensayos. Ideamos dos paradigmas, en el primero la pregunta consistía en decidir a qué campo semántico pertenecía el estímulo y en el segundo se trataba de determinar su significado.

Para realizar el paradigma 1 reclutamos 3 participantes (2 hombres, media de edad de 26.33 años). Al terminarlo les preguntamos qué habían pensado cuando lo estaban contestando. Dos dijeron que desde que leían el estímulo experimental (F, N o L) trataban de encasillarlo en un campo semántico, el restante comentó que lo que hacía era tratar de adivinar qué campo semántico sería el que aparecería más adelante en la pregunta. Les preguntamos explícitamente si lo que hacían era tratar de inferir el significado de la frase y los tres contestaron que no.

Para la ejecución del paradigma 2 invitamos 3 participantes (1 hombre, media de edad de 27.33 años). Al terminar la tarea 2 personas comentaron que lo que hacían cuando leían el estímulo experimental era tratar de descifrar su significado; el otro sujeto refirió que lo que hizo fue tratar de encontrarle una aplicación a su vida diaria.

Al analizar las imágenes de todo el cerebro encontramos que los patrones de aumento de señal *BOLD* en respuesta a la ejecución de ambos paradigmas eran consistentes. Pero el reporte subjetivo de los participantes que hicieron el paradigma 2 se acercaba más al proceso cognitivo que nosotros pretendíamos que llevaran a cabo, así que éste fue el que implementamos en la siguiente fase. En las secciones 7.4.4 a 7.4.8 explicamos la secuencia del paradigma, parámetros de adquisición de imágenes y diseños de análisis de las imágenes.

7.3.3. Diseño del Cuestionario de Comprensión de Refranes

Al término de la realización de la Tarea de Comprensión de Refranes (TCR) los participantes contestaron el Cuestionario de Comprensión de Refranes fuera del resonador (CCR). En éste aparecía cada uno de los refranes del experimento (16 F y 16 N), de manera aleatoria pero no contrabalaceada, acompañado de una escala de Likert de 4 puntos para calificar su familiaridad, idéntica a la que se utilizó durante la selección primaria de refranes. De esta forma pudimos saber si la percepción de familiaridad de esta muestra de participantes era similar a la que tuvo la muestra que participó en aquella selección. Inmediatamente después de la escala aparecían tres opciones de respuesta, una con el significado metafórico correcto, otra con el significado metafórico parcialmente correcto, y otra con el significado metafórico incorrecto, que se calificaron con 2, 1 y 0, respectivamente (figura 4). El participante debía elegir la respuesta que considerara correcta. Decidimos aplicar esta parte para tener una mejor medida de qué tan bien los sujetos comprendían los refranes; no fue posible obtenerla dentro del resonador porque solamente 25% de los reactivos contenían una pregunta (en el resto aparecía la frase “Presiona cualquier botón”). El formato de aplicación fue un formulario en línea de Google (Alphabet Inc, 2015) y duró cerca de 20 minutos para cada participante.

3. Hablando del rey de Roma, por la puerta se asoma. *

1 2 3 4

Poco conocido Muy conocido

Pregunta *

a) Se usa cuando se habla de alguien y aparece.

b) A algunas personas les gusta hablar de otras.

c) Las personas hablamos para comunicarnos.

Figura 4. Ejemplo de un reactivo con sus diferentes preguntas en el CCR.

7.4. Fase 3: Aplicación de pruebas conductuales y ejecución de TCR y CCR

7.4.1. Descripción de la muestra de participantes

Al seleccionar la muestra de participantes establecimos los siguientes criterios de selección:

A) Criterios de inclusión:

- 1) De 18 a 30 años de edad
- 2) Hombres y mujeres
- 3) Escolaridad mínima preparatoria
- 4) Lengua materna español
- 5) Lateralidad manual derecha

B) Criterios de exclusión:

- 1) Antecedente de alguna patología neurológica o psiquiátrica, o trastorno psicológico
- 2) Cursar actualmente con alguna patología neurológica o psiquiátrica, o trastorno psicológico
- 3) Padecer claustrofobia o algún trastorno del movimiento
- 4) Portar alguna pieza hecha de material ferromagnético a excepción de amalgamas dentales

C) Criterios de eliminación:

- 1) No completar la tarea en el resonador magnético o la evaluación neuropsicológica
- 2) Encontrar hallazgos patológicos en la resonancia magnética
- 3) Expresar el deseo de no seguir participando

La muestra quedó compuesta por 18 participantes (8 hombres) de 18 a 31 años de edad (media=25.7, DE=4.2), con 12.5 a 22 años de escolaridad (media=17.7, DE=3.1), diestros (medido a través del Inventario de Lateralidad Manual de Edimburgo, Oldfield, 1971), sin riesgo de presentar patologías psicológicas (medido a través del Listado de Síntomas, Derogatis, 1977), con español como lengua materna, sin ningún tipo de metal en ninguna parte de su cuerpo (corroborado a través de un cuestionario durante el reclutamiento y otro previo al ingreso al resonador magnético). Una participante tenía 30 años al momento de ser

reclutada y cumplió 31 en el tiempo que pasó entre la aplicación de las pruebas psicométricas y la realización de la resonancia, por lo que no fue eliminada. Originalmente la muestra estaba constituida por 20 participantes pero 2 de ellos abandonaron el proyecto.

7.4.2. Pruebas psicométricas aplicadas

- 1) Batería Neurológica de Funciones Ejecutivas y Lóbulos Frontales (BANFE) (Flores-Lázaro, Ostrosky-Shejet y Lozano-Gutiérrez, 2014): Consiste en una serie de retos intelectuales y motores que se correlacionan con la integridad funcional de los lóbulos frontales. Se aplicaron las subpruebas que evalúan flexibilidad mental (clasificación de cartas), fluidez verbal, control inhibitorio (efecto Stroop formas A y B) y capacidad de comprender respuestas en sentido figurado (selección de refranes).
- 2) Escala de Wechsler de inteligencia para adultos IV (WAIS-IV, por sus siglas en inglés) (Wechsler, 2008): Es un instrumento clínico para evaluar la inteligencia en sujetos de 16 años, 0 meses, a 90 años, 11 meses (ibíd.). Consta de diferentes pruebas visuales, verbales, de memoria, etc. A través de ella se obtiene el coeficiente intelectual.
- 3) Tarea del Cuento (TC) (Dodell-Feder y cols., 2013): Consiste en la lectura del cuento “El fin de algo”, de Ernest Hemingway. La historia trata de una pareja de novios que va de paseo y después de discutir terminan su relación. Después de la lectura se le hicieron varias preguntas al participante que implican inferir lo que los personajes están pensando, es decir, su estado mental. Los autores originales validaron con población de habla inglesa que los resultados de esta tarea son consistentes con la Tarea de Leer la Mente en los Ojos y el índice de reactividad interpersonal.
- 4) Tarea de Leer la Mente en los Ojos (TLMO) (Baron-Cohen, 1997, 2001): Está orientada a evaluar la teoría de la mente emocional. Los estímulos consisten en 36 fotografías en blanco y negro de 15x10 cm del área de los ojos de actores expresando diferentes emociones. Cada fotografía está acompañada de una palabra en cada esquina que definen las emociones; existe una respuesta correcta cuya posición es variable. El participante tenía que decidir qué emoción estaban expresando los ojos a través del teclado de una computadora, donde una tecla determinada corresponderá a una esquina específica.

En todos los casos fueron aplicadas días antes de la realización de la resonancia magnética, en un aula silenciosa, despejada y donde sólo estaban el aplicador y el participante, por cerca de 2.5 horas. El orden en el que se aplicó cada prueba fue contrabalanceado para evitar el efecto de acarreo, pero al aplicar la BANFE y el WAIS-IV no hubo tal entre las subpruebas porque los respectivos manuales no lo recomiendan. No se aplicaron todas las subpruebas de la BANFE porque no era de nuestro interés evaluar el puntaje de funcionamiento ejecutivo ni establecer si los participantes están dentro del rango normativo, sino obtener una medida de cada función por separado.

7.4.3. Descripción del paradigma de IRMf

Antes de entrar al resonador los participantes resolvieron una ronda de 10 ensayos con la misma secuencia de la tarea, después de la cual todos afirmaron haberla entendido. Al terminar entraron al resonador, donde permanecieron en decúbito supino, con una botonera en cada mano y un visor ajustado a sus ojos donde veían los estímulos.

La secuencia del paradigma es como sigue: Primero aparece una cruz de fijación por 1 segundo, posteriormente un estímulo por 7 segundos, que puede ser F, N o L; después una cruz de fijación por 6 a 10 segundos, y finalmente otra frase, que es una paráfrasis del estímulo que apareció antes de la primera cruz, por 4 segundos o lo que tarde en contestar el participante (figura 5). Implementamos el tiempo aleatorio (llamado comúnmente “jittering” en inglés) en la segunda cruz de fijación por 2 motivos: 1) para evitar que el paciente predijera cuándo aparecería el siguiente estímulo, y 2) para tener una adecuada separación en el tiempo entre los estímulos de interés (la segunda frase, en este caso) y a la vez evitar que el experimento durara demasiado. El participante debía decidir si la segunda frase cargaba el significado de la primera, presionando uno de dos botones que tenía en sus manos (sí/no). La frase del final aparece en 25% de las ocasiones y en el resto sólo la leyenda “Presiona cualquier botón”; se hizo esta configuración con el objetivo de que la sesión no durara tanto tiempo y al mismo tiempo mantuviéramos la atención del sujeto. Hay 26 ensayos en una corrida, que contiene 4 F, 4 N y 18 L. Hay 4 corridas en todo el experimento, quedando con 16 F, 16 N y 72 L. Dentro de cada corrida y en el experimento en general hay una proporción de 15% de F, 15% de N y 70% de L. Lo decidimos así para tener una línea base estable desde donde pudiéramos hacer una comparación adecuada de los estímulos de interés.

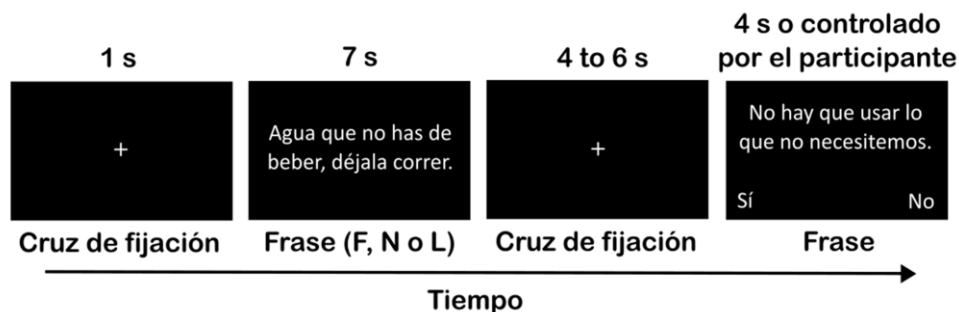


Figura 5. Paradigma utilizado en la Tarea de Comprensión de Refranes. s = segundos; F = refrán familiar; N = refrán novedoso; L = frase literal.

Cada ensayo dura entre 18 y 22 segundos, lo que hace que cada corrida tarde entre 468 y 572 segundos (entre 7.8 y 9.5 minutos), que a su vez causa que el experimento lleve entre 1872 y 2288 segundos (entre 31.2 y 38.13 min). Entre cada corrida hay una pausa de aproximadamente 1 minuto para verificar las condiciones del participante y preparar la próxima corrida, además la adquisición de imágenes anatómicas dura aproximadamente 10 minutos, lo que agrega 14 minutos extra, por lo que la sesión completa con el participante dura entre 45.2 y 52.13 minutos.

7.4.4. Parámetros de adquisición de imágenes

Utilizamos un resonador *General Electric* de 3 teslas. Un ángulo de desviación de 111°, tiempo de repetición de 2 s y tiempo de eco de 40 ms. Obtuvimos 34 rebanadas intercaladas de abajo hacia arriba. El tamaño de *voxel* fue de 4*4*4 mm, resolución de 64*64 y campo de visión de 25.6*25.6 cm.

7.4.5. Análisis de imágenes de todo el cerebro

Utilizamos la herramienta *fMRI Expert Analysis Tool* (FEAT) de la librería *FMRIB Software Library* (FSL) (Jenkinson y cols., 2012).

El análisis de primer nivel consistió en modelar cada corrida en cada participante usando el modelo lineal general. Suponemos que en la ventana de 7 segundos en la que aparece la primera frase (que puede ser F, N o L) es donde se lleva a cabo el proceso de interpretación, por lo que fue lo que tomamos para modelar las variables explicativas. Tomamos también la ventana de tiempo que cada participante tardó en contestar, y las modelamos como variables de no interés. Así obtuvimos los mapas estadísticos de F, N y L en este nivel. No tomamos en cuenta la diferencia de proporción entre las diferentes

categorías, porque supusimos que el segundo y tercer nivel de análisis nos ayudarían a eliminar este efecto. Seleccionamos una $p < 0.05$ para considerar significativo a un *voxel* y corregimos por múltiples comparaciones con *Random Field Theory* (RFT), que está incluido predeterminadamente en el programa; y para considerar como significativo a un *cluster*, también usamos RFT, estableciendo que tenía que estar formado por *voxeles* que tuvieran un valor de Z mayor o igual a 2.3.

En el análisis de segundo nivel promediamos los mapas estadísticos de las 4 corridas en cada participante, utilizando efectos fijos, para terminar con un solo mapa de F, uno de N y otro de L, por cada persona. Utilizamos estos mapas promediados para aplicar los contrastes de interés. $F+N > L$ nos daría información acerca de los patrones de activación diferencial cuando se interpretan refranes y $L > F+N$ haría lo propio con las frases literales. Para evaluar si la familiaridad tiene que ver en la interpretación de los refranes hicimos los contrastes $F > N$ y $N > F$. Acabamos con 11 mapas estadísticos por sujeto.

En el tercer nivel de análisis obtuvimos el promedio de cada mapa estadístico mediante efectos mixtos, FLAME 2. Estos resultados son los que reportamos y discutimos en las secciones posteriores.

7.4.6. Análisis de imágenes de región de interés

Después de haber hecho el análisis de todo el cerebro procedimos a hacer un análisis de región de interés (RDI) basado en contraste para saber si existe relación entre los promedios de los parámetros estimados y las medidas conductuales de fluidez verbal, FEs y TdM.

Primero ubicamos los *clusters* significativos de cada contraste utilizando la tabla 4. Dentro de cada *cluster* ahora ubicamos el *voxel* con el puntaje z más alto y observamos a qué área anatómica pertenece. Hicimos una máscara que contiene los *voxeles* con un puntaje z igual o mayor a 2.3 dentro de esa misma área anatómica, usando la función `fslmaths` (Ibíd.). Más tarde usamos esa máscara para alimentar a la herramienta `Featquery` (Ibíd.) y extraer el promedio de los parámetros estimados para cada participante (Jahn, 2012; Mumford, sin fecha); la misma herramienta convirtió estos datos en porcentaje de cambio de la señal *BOLD*. Estos fueron los datos que posteriormente utilizamos para hacer pruebas de correlación de Pearson y de regresión lineal múltiple con las medidas conductuales de las que se habla en las secciones 7.4.8 y 8.3.4.

7.4.7. Análisis estadístico de las variables conductuales de la TCR y el CCR

El paradigma de la TCR no permite identificar efectivamente si el tiempo de respuesta (TR) del participante se debe al proceso cognitivo que suponemos que está sucediendo en su cerebro por varios motivos: 1) para contestar la pregunta deben transcurrir 7 segundos de presentación de estímulo y después 6 a 10 segundos de cruz de fijación; 2) sólo hay una pregunta en 25% de los ensayos; 3) debido a la proporción de cada categoría de estímulos (15% F, 15% N y 70% L) en todo el experimento tuvimos 3 F, 3 N y 14 L con pregunta. Así que decidimos no hacer el análisis de TR y solo hicimos el de la proporción de aciertos (PA). Hay que tomar en cuenta que en este último también nos encontramos con la baja muestra de F y N, y que por lo tanto los resultados deberían ser tomados con cautela; además la información obtenida no nos diría mucho sobre el procesamiento de los refranes, más bien del nivel de atención de los participantes. Analizar estos datos no era un objetivo del proyecto, sino describir los correlatos cerebrales asociados a la realización de la tarea, y nos pareció razonable sacrificarlos.

Para calcular la PA de cada categoría de estímulo, de cada participante, en la TCR, tomamos la cantidad de aciertos y la dividimos entre el total de reactivos contestados. Tuvimos entonces 18 cálculos para cada categoría, cada una representando a un participante, que presentamos en la gráfica 7.

En el caso de la PA del CCR, sólo extrajimos los de los F y N, pues no preguntamos sobre las L. Hicimos el mismo procedimiento anterior y presentamos los resultados en la gráfica 8.

Más tarde analizamos la puntuación cruda de cada participante al elegir el significado del refrán durante la ejecución del CCR. Para ello tomamos en cuenta la frecuencia de calificación 2, 1 y 0 (respuesta correcta, respuesta parcialmente correcta y respuesta incorrecta, respectivamente). Extrajimos la frecuencia cruda de 2, 1 y 0 en cada categoría la dividimos entre el total de preguntas para obtener la proporción de cada calificación. Los resultados están ilustrados en la gráfica 9.

También extrajimos los datos de calificación de familiaridad que dio cada participante a cada reactivo (16 F y 16 N) tanto en la selección secundaria (fase 1) como en el CCR. Con ambos archivos hicimos lo siguiente: 1) obtuvimos el puntaje crudo que cada participante le dio a cada reactivo. En la selección secundaria quedamos con 30 calificaciones por reactivo y en el cuestionario posterior al escaneo con 18; 2) calculamos la mediana de cada reactivo,

dando como resultado un vector numérico de 16 medianas para los F de la selección secundaria, 16 de para los N de la selección secundaria, 16 para los F del cuestionario posterior al escaneo y 16 para los N del cuestionario posterior al escaneo; 3) utilizamos estos 4 vectores para hacer inferencia estadística y graficar los resultados (gráfica 10).

7.4.8. Pruebas de correlación y regresión lineal múltiple entre las variables más relevantes

A pesar de que no formó parte de nuestras hipótesis de trabajo, la extracción del porcentaje de cambio de la señal *BOLD* a través del análisis de RDI nos dio medidas cuantitativas para hacer inferencia estadística y determinar si hay relación entre el comportamiento de ésta y las medidas conductuales, expandiendo nuestros hallazgos.

Incluimos los siguientes resultados de pruebas psicométricas:

- 1) BANFE: Puntaje crudo de las subpruebas de fluidez verbal, efecto Stroop formas A y B, y clasificación de cartas. Como mencionamos anteriormente, no aplicamos toda la batería neuropsicológica, lo que evitó que tuviéramos normas para calificar a los participantes y por lo tanto recurrimos a usar los puntajes crudos.
- 2) WAIS: Índices de comprensión verbal, velocidad de procesamiento, razonamiento perceptual, memoria de trabajo y coeficiente intelectual.
- 3) TC: Puntaje crudo de comprensión, razonamiento explícito del estado mental y total. Excluimos el de inferencia espontánea porque todos los participantes tuvieron 0.
- 4) TLMO: Puntaje crudo total.

De los datos conductuales de la TCR utilizamos la proporción de aciertos de F, N, L y todos los refranes juntos.

Del CCR extrajimos la información de proporción de aciertos de F, N y todos los refranes juntos, así como la calificación cruda en el mismo cuestionario, antes de convertirla en proporción de aciertos, para los F, N y todos los refranes juntos.

Los datos de porcentaje de cambio de la señal *BOLD* provinieron de las siguientes máscaras:

- 1) Contraste F+N>L: corteza orbitofrontal bilateral y polo temporal izquierdos. Recordemos que este contraste nos da información acerca de la activación diferencial de la lectura de refranes independientemente de su familiaridad. Bohrn y cols. (2012b) en su meta análisis encontraron predominancia del hemisferio izquierdo en su contraste metáforas>lenguaje no pragmático. A pesar de que ellos no incluyeron refranes en este estudio, es lo más cercano que podemos tomar como guía ya que son procesos parecidos.
- 2) Contraste L>F+N: giro lingual bilateral y polo temporal derechos. Este contraste aporta información sobre la activación diferencial de la lectura de frases literales, que podríamos a su vez tomar como lenguaje “no pragmático”. Bohrn y cols. (2012b) hicieron el contraste lenguaje no pragmático>metáforas y vieron dominancia derecha. Tomamos esta referencia bajo la misma lógica del inciso anterior.
- 3) Contraste F>N: precuña y polo frontal izquierdo. Este contraste nos permite evaluar la Hipótesis de Relevancia Graduada, en la que Giora (1997, 2003) menciona que el hemisferio izquierdo se encarga de procesar las metáforas familiares. Utilizamos las máscaras de este lado siguiendo las ideas teóricas de la autora.

Primero hicimos una matriz de correlaciones con método de Pearson a dos colas sin corregir por múltiples comparaciones. La tabla resultante es relativamente grande y engorrosa de revisar, por lo que presentamos las correlaciones que alcanzaron una p significativa, sin corregir por múltiples comparaciones, en la tabla 5. Después hicimos varios modelos de regresión lineal múltiple con método *backward*, usando SPSS 20 (IBM, 2011). Las variables dependientes fueron los resultados del análisis de RDI y las independientes fueron divididas en dos grupos: uno formado por los resultados de BANFE y WAIS, y otro por los de TC y TLMO. Igual que con los resultados de las pruebas de correlación, la tabla 6 resume aquéllos en donde las variables predictoras alcanzaron significancia estadística.

8. RESULTADOS

8.1 Fase 1: Obtención de estímulos experimentales

La tabla 2 muestra los refranes familiares y novedosos, así como las frases literales, que pasaron todos los filtros de selección y fueron utilizadas en la TCR y el CCR. El promedio de número de palabras de los F es 7.2 (DE=1.8), el de los N es 7.2 (DE = 1.9) y el

de las L es 7.3 (DE = 1.3). El análisis de varianza de una vía no mostró diferencias significativas en ninguna de las tres categorías ($F_{2,101} = 0.123, p > 0.05$).

Estímulo	Categoría	Número de palabras	Estímulo	Categoría	Número de palabras
Agua que no has de beber, déjala correr.	F	8	El fundador de una empresa se queda como director.	L	9
Barriga llena, corazón contento.	F	4	La economía mundial es muy cambiante.	L	6
El león cree que todos son de su condición.	F	9	Hay que mantener actualizada la computadora.	L	6
Más vale malo por conocido que bueno por conocer.	F	9	Hay negocios que venden casi de todo.	L	7
No todo lo que brilla es oro.	F	7	Los romanos casi siempre conquistaban a sus enemigos.	L	8
Más vale paso que dure que trote que canse.	F	9	Los dinosaurios se extinguieron hace 65 millones de años.	L	9
Muerto el perro se acabó la rabia.	F	7	A veces hay que esperar mucho para obtener algo.	L	9
Quien ríe al último ríe mejor.	F	6	Los ingenieros necesitan saber matemáticas.	L	5
Hablando del rey de Roma, por la puerta asoma.	F	9	Es difícil encontrar el celular cuando está en vibrador.	L	9
Preguntando se llega a Roma.	F	5	Las elecciones son para elegir a nuestros servidores representantes.	L	9
La suerte de la fea la bonita la desea.	F	9	Casi todo el mundo sigue el mismo sistema económico.	L	9
El tiempo todo lo cura.	F	5	Las redes sociales permiten que la gente se comunique.	L	9
Después de la tormenta viene la calma.	F	7	El trabajo del mecánico es arreglar carros.	L	7
El que con lobos anda, a aullar se enseña.	F	9	Los problemas exigen tiempo para resolverlos.	L	6
Nadie sabe para quién trabaja.	F	5	Las enfermeras se dedican a cuidar enfermos.	L	7
Las cosas caen por su propio peso.	F	7	La carrera de medicina es larga.	L	6
Cada quien cuenta como le va en la feria.	N	9	Algunos países mantienen un crecimiento estable.	L	6
El que es vencido hoy será vencedor mañana.	N	8	Estudiar requiere horas de dedicación.	L	5
Un acomedido hasta en la cárcel cabe.	N	7	El que trabaja de día, duerme de noche.	L	8
Amor viejo, ni te olvido ni te dejo.	N	8	Cada restaurante elabora su menú.	L	5
El que padece de amor, hasta con las piedras habla.	N	10	Trabajar de noche es más cansado.	L	6
Por un borrego no se juzga la manada.	N	8	Las personas inteligentes tienen mejores ideas.	L	6
Cada quien se pone la corona que se labra.	N	9	Las decisiones siempre tienen consecuencias.	L	5
Dime qué comes, y te diré cuánto tienes.	N	8	Llevar una agenda es bueno para no olvidar compromisos.	L	9
El que tenga sus gallinas, que las cuide del coyote.	N	10	El tipo de pico determina la alimentación del ave.	L	9
El hombre que sabe, pronto sobresale.	N	6	Nunca estamos a salvo de sufrir un accidente.	L	8
Hombre casado, hombre acabado.	N	4	El pasado no se puede cambiar.	L	6

Salir a mano es ganancia.	N	5	Los acuerdos comerciales favorecen el crecimiento económico.	L	7
Despacito y con buena letra.	N	5	La mayoría de las personas puede trabajar.	L	7
El que nace barrigón, aunque lo fajen.	N	7	Hay personas que se sienten ansiosas hablando en público.	L	9
Llegando y haciendo lumbre.	N	4	Unos carros consumen más gasolina que otros.	L	7
A buena hambre, no hay pan duro.	N	7	Es posible escapar de la cárcel.	L	6
Llegar a ser buen líder es difícil.	L	7	No todos los delitos se castigan con cárcel.	L	8
El deportista que no entrena tiene dificultades para ganar.	L	9	Haber estado en la cárcel dificulta conseguir trabajo.	L	8
Los artistas necesitan apoyo de la comunidad para trabajar.	L	9	Un psicólogo puede dar terapia.	L	5
Anteriormente el padre era el proveedor de la familia.	L	9	Los países desarrollados son líderes mundiales.	L	6
Quien trabaja más horas tiene menos tiempo libre.	L	8	La filosofía exige una reflexión metódica.	L	6
Los emprendedores pueden fracasar si no escuchan consejos.	L	8	Los niños suelen llorar más que los adultos.	L	8
No hay que creer todo lo que nos digan.	L	9	El castigo es consecuencia de actos prohibidos.	L	7
El marcador del partido se conoce hasta el final.	L	9	Cada quien cuida sus propias pertenencias.	L	6
En Europa todavía existen monarquías.	L	5	El fútbol americano se juega con un balón ovalado.	L	9
Los aeropuertos están a las afueras de la ciudad.	L	9	Casi nadie puede guardar un secreto.	L	6
Hay que ser hábil para encontrar trabajo.	L	7	Es fácil perderte en una ciudad que no conoces.	L	9
El más hábil termina primero el trabajo.	L	7	Los productos difíciles de conseguir son más caros.	L	8
Los corredores que llegan al último pierden la carrera.	L	9	Comer carne todos los días es caro.	L	7
Las marcas que utilizan publicidad venden más.	L	7	En el desayuno incluye fruta y yogurt.	L	7
Nadie puede llegar a ser inmortal.	L	6	Si tienes sed toma agua y jugo.	L	7
Los fotógrafos profesionales toman mejores fotografías.	L	6	La biomedicina es una ciencia muy especializada.	L	7
Argentina está muy lejos de México.	L	6	No se debe manejar y tomar alcohol.	L	7
Hay personas a las que no les gusta platicar.	L	9	Trabajar para una maquiladora es cansado.	L	6
Las compañías telefónicas tienen planes de distintos precios.	L	8	En las novelas policiacas hay engaños y traiciones.	L	8
La jornada de ocho horas aplica en muchos países.	L	9	Las cosas hechas a prisa no salen bien.	L	8

Tabla 2. Lista de estímulos experimentales que pasaron todos los filtros de selección y fueron utilizados en la TCR y el CCR, y número de palabras.

8.2. Fase 2: Diseño y prueba de la TCT y el CCR

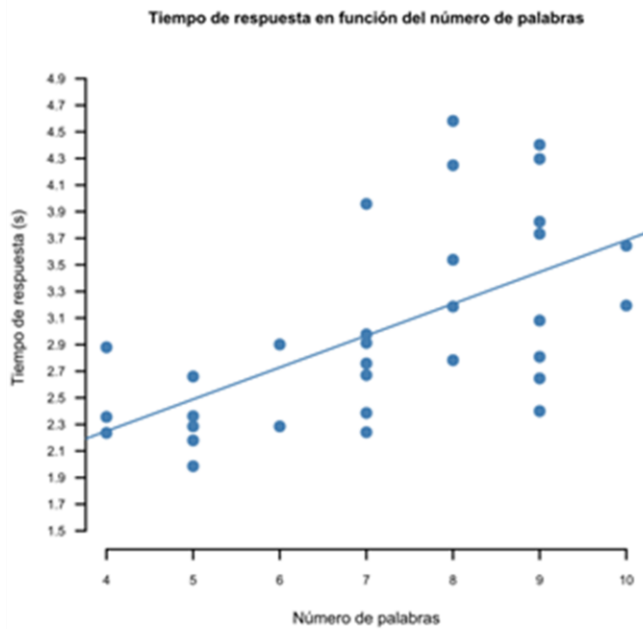
8.2.1. Registro de tiempos de respuesta a la lectura de refranes

Cada refrán fue leído y contestado por 10 participantes, por lo que utilizamos el promedio de tiempo de respuesta (TR) de cada refrán para hacer el análisis estadístico. La gráfica 1 muestra un diagrama de dispersión del tiempo de respuesta en función del número de palabras. A través de un análisis de regresión lineal simple encontramos que el número de palabras predice el TR con la fórmula $TR = 0.239 * \text{Número de palabras} + 1.293$, con una $p < 0.005$ y una r^2 ajustada de 0.33. La gráfica 2 muestra diagramas de caja y bigote de los mismos promedios ordenados por categoría. La mediana de TR de los F es de 2.523 (rango = 1.986 a 4.403) y la de los N de 3.19 (rango = 2.236 a 4.582); la media de TR de los F es 2.723 s (DE = 0.695) y de los N es 3.302 s (DE = 0.667); la prueba t para muestras correlacionadas indicó diferencias significativas ($t_{15} = -3.808$, $p < 0.005$).

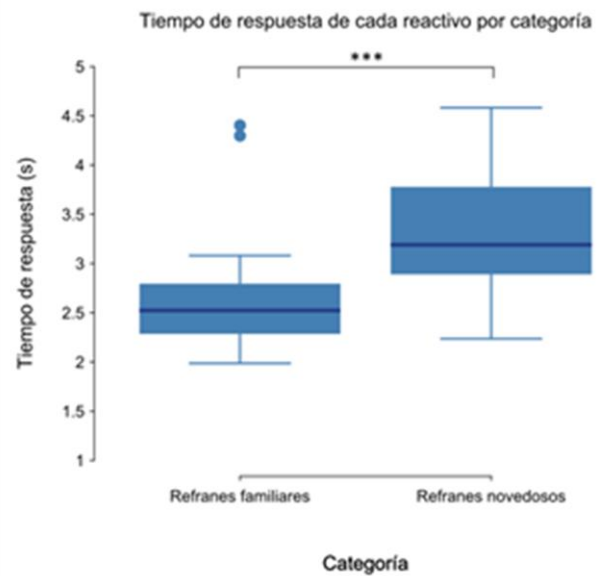
8.3. Fase 3: Aplicación de pruebas conductuales y ejecución de TCR y CCR

8.3.1. Aplicación de pruebas psicométricas

En la tabla 3 reportamos la mediana, rango, media y desviación estándar de los puntajes de los 18 participantes en las pruebas y subpruebas de interés. Debido a que sólo se aplicaron algunas subpruebas de la BANFE y a que sus puntajes no están definidos en una norma, se trabajó con los datos crudos; en este caso en la columna "Parámetro de referencia" se reporta el máximo puntaje posible que se puede obtener en determinada subprueba de esta batería; el de fluidez verbal no está definido por el manual. Existe una buena dispersión de los puntajes de clasificación de cartas y fluidez verbal, no así en la de selección de refranes; en el caso del efecto Stroop formas A y B están muy próximos al máximo (tabla 3; gráfica 3). No se encontraron diferencias significativas por sexo en ningún caso.



Gráfica 1. Tiempo de respuesta en función del número de palabras. A través de un análisis de regresión lineal simple encontramos que el número de palabras predice el TR con la fórmula $TR = 0.239 * \text{Número de palabras} + 1.293$, con una $p < 0.005$ y una r^2 ajustada de 0.33.



Gráfica 2. Promedios de TR ordenados por categoría. La mediana de TR de los F es de 2.523 (rango = 1.986 a 4.403) y la de los N de 3.19 (rango = 2.236 a 4.582). La media de TR de los F es 2.723 s (DE = 0.695) y de los N es 3.302 s (DE = 0.667); la prueba t para muestras dependientes indicó diferencias significativas ($t_{15} = -3.808$, $p < 0.005$).

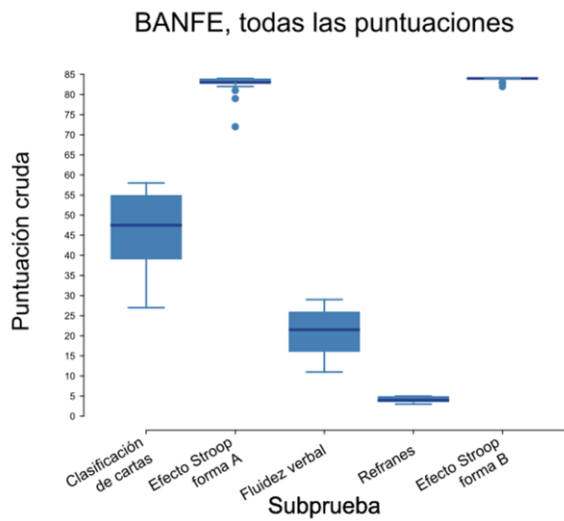
Los índices obtenidos a través de la WAIS-IV muestran una mejor dispersión. El índice de memoria de trabajo de los participantes tiene una media de 94.6, que cae dentro del parámetro de normalidad; 2 participantes están dentro de la descripción cualitativa limítrofe, 5 de promedio bajo y 11 de promedio. No hay diferencia significativa por sexo. Respecto al coeficiente intelectual, 2 participantes están en promedio alto, 2 en promedio bajo y el resto en el promedio. La media de los hombres es de 104.38 y la de las mujeres 95.2, con diferencia estadísticamente significativa ($t_{16} = -3.52$, $p < 0.005$). El índice de comprensión verbal tiene una media de 92.1, también dentro del parámetro de normalidad; 5 participantes se localizan en el promedio bajo y el resto en el promedio (tabla 3; gráfica 4).

En el renglón de la Tarea de Leer la Mente en los Ojos se reporta la media del número de aciertos. El artículo original de Baron-Cohen y colaboradores (2001) menciona que la máxima calificación a obtener es 36, que es igual al número de reactivos, pero no incluye una norma. En nuestra muestra no se encontraron diferencias significativas entre sexos (tabla 3, gráfica 5).

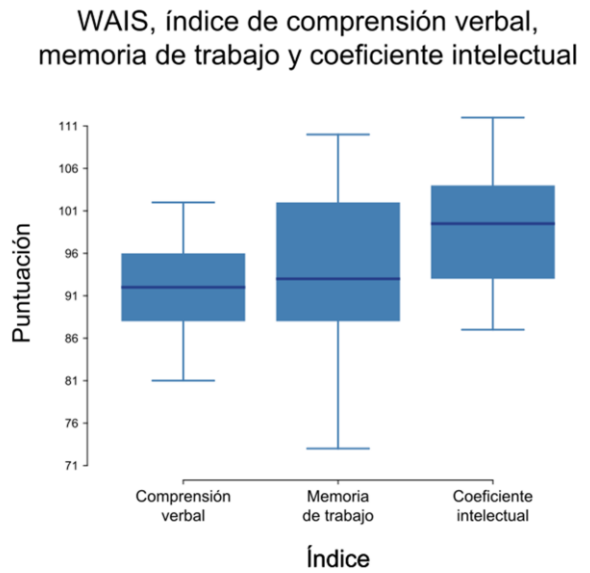
También se reportan las medias del puntaje total, comprensión y razonamiento explícito del estado mental, que forman parte de la Tarea del Cuento. Esta prueba también incluye una calificación de inferencia espontánea, pero el 100% de los participantes obtuvo 0, por lo que no se incluyó en esta tabla ni en las pruebas estadísticas. Los autores de esta prueba refieren que su muestra obtuvo un promedio de 9 en comprensión y 8.6 en razonamiento explícito del estado mental; notamos que la media de nuestros participantes está por debajo en ambos casos, pero no podemos saber si ambas diferencias son estadísticamente significativas porque no poseemos los datos crudos de ese grupo de trabajo. Ellos mismos no reportan la media que obtuvo su muestra en el puntaje total. Por estas razones en nuestra tabla se reportan los máximos puntajes que se pueden obtener (tabla 3, Gráfica 6).

Prueba	Subprueba/índice	Mediana	Rango	Media	Desviación estándar	Parámetro de referencia
BANFE	Clasificación de cartas, número de aciertos	47.5	27 a 58	46.5	9.4	64
	Efecto Stroop forma A, número de aciertos	83	72 a 84	82.4	2.9	84
	Efecto Stroop forma B, número de aciertos	84	82 a 84	83.8	0.5	84
	Fluidez verbal, número de aciertos	21.5	11 a 29	21.1	5.6	Indefinido
	Selección de refranes, número de aciertos	4	3 a 5	4.1	0.7	5
WAIS	Coeficiente intelectual	99.5	87 a 112	99.3	7.1	90 a 110
	Índice de memoria de trabajo	93	73 a 110	94.6	11.1	90 a 110
	Índice de comprensión verbal	92	81 a 102	92.1	5.1	90 a 110
TLMO	Puntaje total	27	20 a 32	26.3	3.3	36
TC	Comprensión	7	3 a 10	6.9	2	10
	Razonamiento explícito del estado mental	5.5	2 a 10	5.7	2.9	16
	Puntaje total	13	5 a 19	12.6	4.3	28

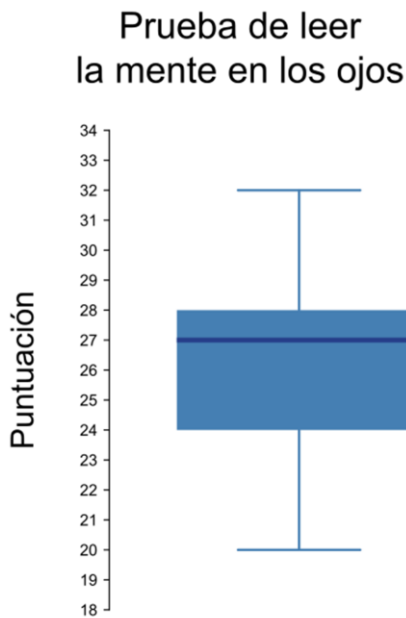
Tabla 3. Reporte de las medias, desviaciones estándar y parámetros de referencia de las pruebas psicométricas aplicadas.



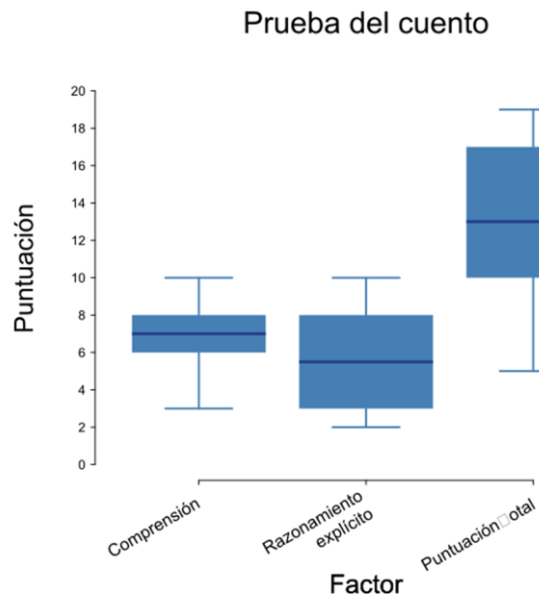
Gráfica 3. Resultados crudos obtenidos por los participantes en las subpruebas aplicadas de la BANFE. Los datos de medidas de tendencia central y dispersión se muestran en la tabla 2.



Gráfica 4. Índice de comprensión verbal, memoria de trabajo y coeficiente intelectual obtenidos a través del WAIS. Los datos de medidas de tendencia central y dispersión se muestran en la tabla 2.



Gráfica 5. Resultados crudos obtenidos por los participantes en la TLMO. Los datos de medidas de tendencia central y dispersión se muestran en la tabla 2.



Gráfica 6. Resultados crudos obtenidos por los participantes en la TC. Los datos de medidas de tendencia central y dispersión se muestran en la tabla 2.

8.3.2. Análisis de imágenes de todo el cerebro

La tabla 4 muestra los *clusters* significativos, de acuerdo a los criterios comentados en la sección 7.4.5, por cada contraste en el análisis de tercer nivel. La columna 2 se refiere al número de *voxels* que conforman el *cluster*, solo se describe el tamaño del *cluster* al que pertenece el *voxel* que tiene el valor z más alto de todos en ese *cluster*. La columna 3 indica el valor de z de los *voxels* considerados más significativos dentro de cada *cluster*. Las columnas 4, 5 y 6 hablan acerca de la posición del *voxel* en cuestión en los ejes x, y y z. La columna 8 muestra el área anatómica a la que es más probable que pertenezca el *voxel* en cuestión de acuerdo al Atlas Cortical de Harvard-Oxford. La columna 9 dice el área de Brodmann (AB) a la que corresponde el *voxel* en cuestión de acuerdo a MRICroN (Rorden, 2000).

La figura 6 muestra los *clusters* de los contrastes $F+N>L$, $L>F+N$ y $F>L$, que están enfocados a probar nuestras hipótesis experimentales. $F+N>L$ refleja la actividad diferencial del cerebro cuando se comprenden los refranes independientemente de su familiaridad (figura 6A). Encontramos un *cluster* que comprende la corteza orbitofrontal (AB 45) y polo temporal (AB 21 y 38) izquierdos.

$L>F+N$ indica la actividad del cerebro cuando interpreta las frases literales, que a su vez sirven como muestra representativa del lenguaje no pragmático (figura 6B). Los *clusters* con puntaje z más elevado se concentran en el giro lingual (AB 17) y polo occipital (AB 17) bilateral.

$F>N$ nos da información acerca de la activación diferencial cuando se comprenden refranes familiares (figura 6C). Tenemos en un *cluster* a la cuña y precuña bilaterales (AB 18) y en otro al polo frontal izquierdo (AB 46, 47, 10 y 11).

$N>F$ nos orientaría acerca de la activación diferencial de la comprensión de refranes novedosos, pero ningún *cluster* alcanzó significancia estadística.

La figura 7 contiene información acerca de los contrastes en los que se compararon las frases literales. La visualización permite deducir que las áreas con aumento de actividad siguen un patrón similar, pero varían dependiendo del contraste. $L>N$ contiene más *clusters* pero de tamaño menor y con puntajes z menores que los otros dos (figura 7B). $L>F+N$ alcanza los puntajes z más elevados de los tres (figura 7A). $L>F$ tiene también pocos *voxels* asociados (figura 7C). El giro lingual (0, -80, -8) (AB 17) está presente en los tres contrastes.

Contraste	Tamaño del cluster	Valor z	x	y	z	Hemisferio	Área anatómica	Área de Brodmann
F+N>L	931	3.51	-48	24	-14	I	Corteza orbitofrontal	45
		3.45	-44	24	-12	I	Corteza orbitofrontal	45
		3.34	-40	24	-16	I	Corteza orbitofrontal	45
		3.34	-40	20	-30	I	Polo temporal	38
		3.25	-52	8	-24	I	Polo temporal	21
		2.83	-52	18	-32	I	Polo temporal	38
L>F+N	4919	5.18	0	-80	-8	-	Giro lingual	17
		4.88	12	-96	6	D	Polo occipital	17
		4.84	-6	-98	6	I	Polo occipital	-
		4.54	-14	-100	10	I	Polo occipital	17
		4.47	-4	-98	-2	I	Polo occipital	-
		4.24	-10	-96	16	I	Polo occipital	-
F>N	1430	3.52	-10	-74	30	I	Precuña	-
		3.49	-12	-74	26	I	Cuña	18
		3.35	-2	-74	28	I	Precuña	-
		3.33	-2	-78	30	I	Cuña	18
		3.16	12	-66	26	D	Precuña	-
		3.07	12	-76	38	D	Cuña	19
	802	3.31	-36	46	6	I	Polo frontal	47
		3.27	-38	50	6	I	Polo frontal	46
		2.84	-36	58	-4	I	Polo frontal	47
		2.77	-24	58	0	I	Polo frontal	11
		2.72	-28	58	2	I	Polo frontal	-
		2.68	-28	60	6	I	Polo frontal	10
L>F	4745	4.98	0	-80	-8	-	Giro lingual	17
		4.59	-6	-100	2	I	Polo occipital	0
		4.26	12	-98	8	D	Polo occipital	17
		4.19	10	-96	2	D	Polo occipital	17
		3.83	2	-98	-4	D	Polo occipital	17
		3.71	-20	-80	-20	I	Giro fusiforme occipital	18
L>N	3690	4.64	-4	-98	8	I	Polo occipital	0
		4.52	0	-80	-8	-	Giro lingual	17
		4.34	10	-94	18	D	Polo occipital	18
		4.33	10	-96	14	D	Polo occipital	17
		4.26	12	-96	6	D	Polo occipital	17
		3.37	-20	-76	-16	I	Giro fusiforme occipital	18

	2858	3.79	4	-34	34	D	Cíngulo posterior	23
		3.64	-6	-76	34	I	Precuña	18
		3.6	8	-76	36	D	Precuña	0
		2.57	12	-58	36	D	Precuña	0
		2.49	6	-56	42	D	Precuña	0
	793	3.34	40	46	6	D	Polo frontal	45
		3.18	40	50	-2	D	Polo frontal	46
		2.8	26	56	8	D	Polo frontal	10
		2.64	48	50	-8	D	Polo frontal	46
		2.6	26	54	0	D	Polo frontal	11
	2.58	28	58	-2	D	Polo frontal	11	
N>L	2167	4.12	-46	26	-12	I	Corteza Orbitofrontal	38
		3.79	-52	8	-24	I	Polo temporal	21
		3.72	-54	16	18	I	Giro frontal inferior, <i>pars opercularis</i>	44
		3.59	-40	20	-28	I	Polo temporal	38
		3.24	-52	18	-32	I	Polo temporal	38
		3.08	-58	20	-4	I	Giro frontal inferior, <i>pars opercularis</i>	45

Tabla 4. *Clusters* significativos en los contrastes más relevantes. La columna 2 se refiere al número de *voxels* que conforman el *cluster*, en el contraste F>N aparecen dos *clusters* significativos; solo se describe el tamaño del *cluster* al que pertenece el *voxel* que tiene el valor z más alto de todos en ese *cluster*. La columna 3 indica el valor de z de los *voxels* considerados más significativos dentro de cada *cluster*. Las columnas 4, 5 y 6 hablan acerca de la posición del *voxel* en cuestión en los ejes x, y y z. La columna 8 muestra el área anatómica a la que es más probable que pertenezca el *voxel* en cuestión de acuerdo al Atlas Cortical de Harvard-Oxford. La columna 9 dice el área de Brodmann a la que corresponde el *voxel* en cuestión de acuerdo a mricron (Rorden, 2000). I = hemisferio izquierdo; D = hemisferio derecho.

También encontramos que los contrastes F+N>L y N>L comparten las coordenadas -52, 8, -24 y -52, 18, -32, correspondientes al polo temporal izquierdo (AB 38). Al contrastar F>L ningún *voxel* alcanzó significancia estadística.

La figura 8 muestra los *clusters* cuando los refranes novedosos estaban involucrados, es decir, F+N>L y N>L (recordemos que en N>F ningún *cluster* alcanzó significancia estadística). Los patrones y las coordenadas son muy parecidos.

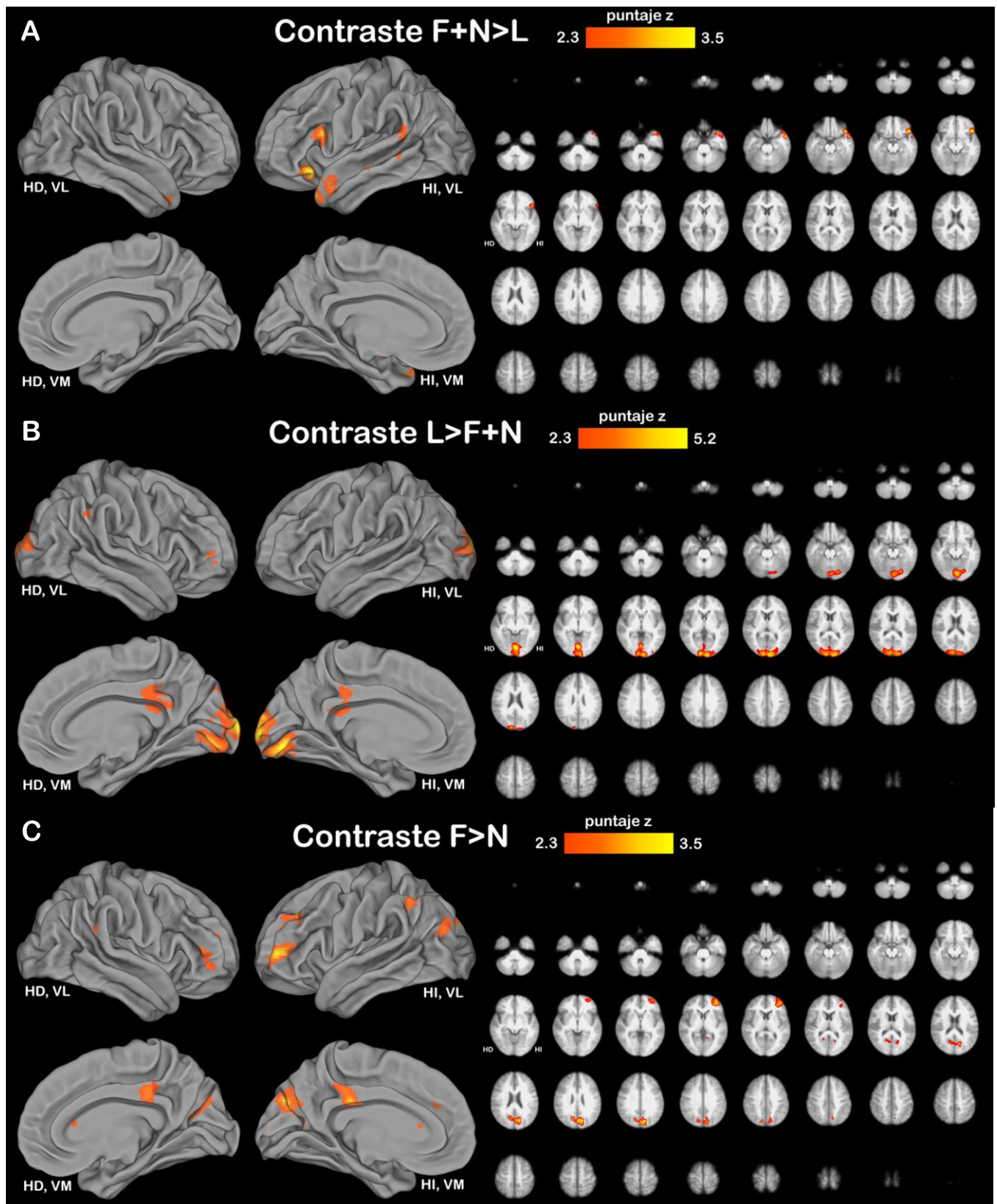


Figura 6. *Clusters* significativos de los contrastes que prueban nuestras hipótesis experimentales. En N>F no obtuvimos significancia estadística. HD = hemisferio derecho; HI = hemisferio izquierdo; VL = vista lateral; VM = vista medial.

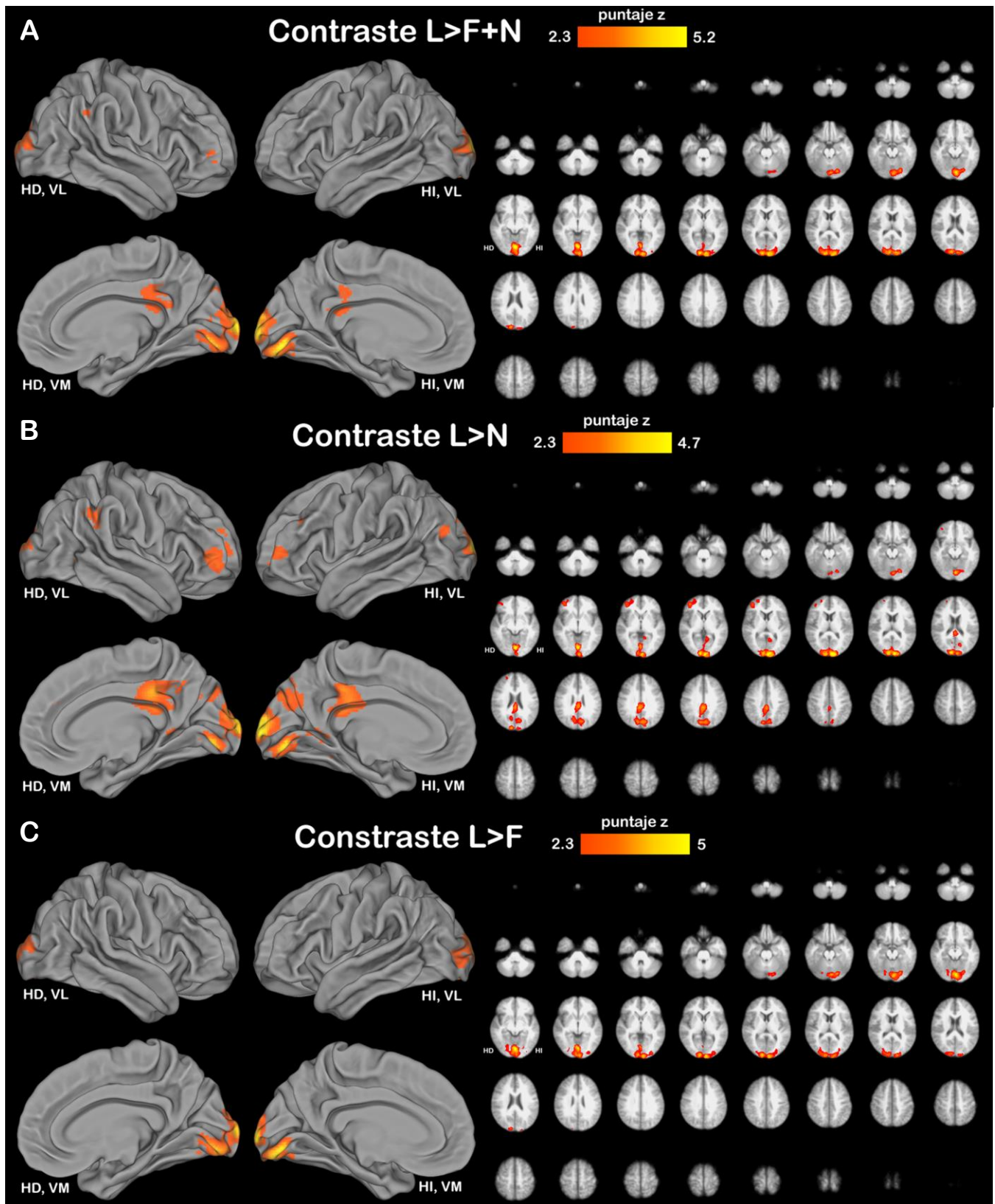


Figura 7. *Clusters* significativos de los contrastes que muestran el efecto de cada categoría de estímulo cuando están involucradas las frases literales. HD = hemisferio derecho; HI = hemisferio izquierdo; VL = vista lateral; VM = vista medial.

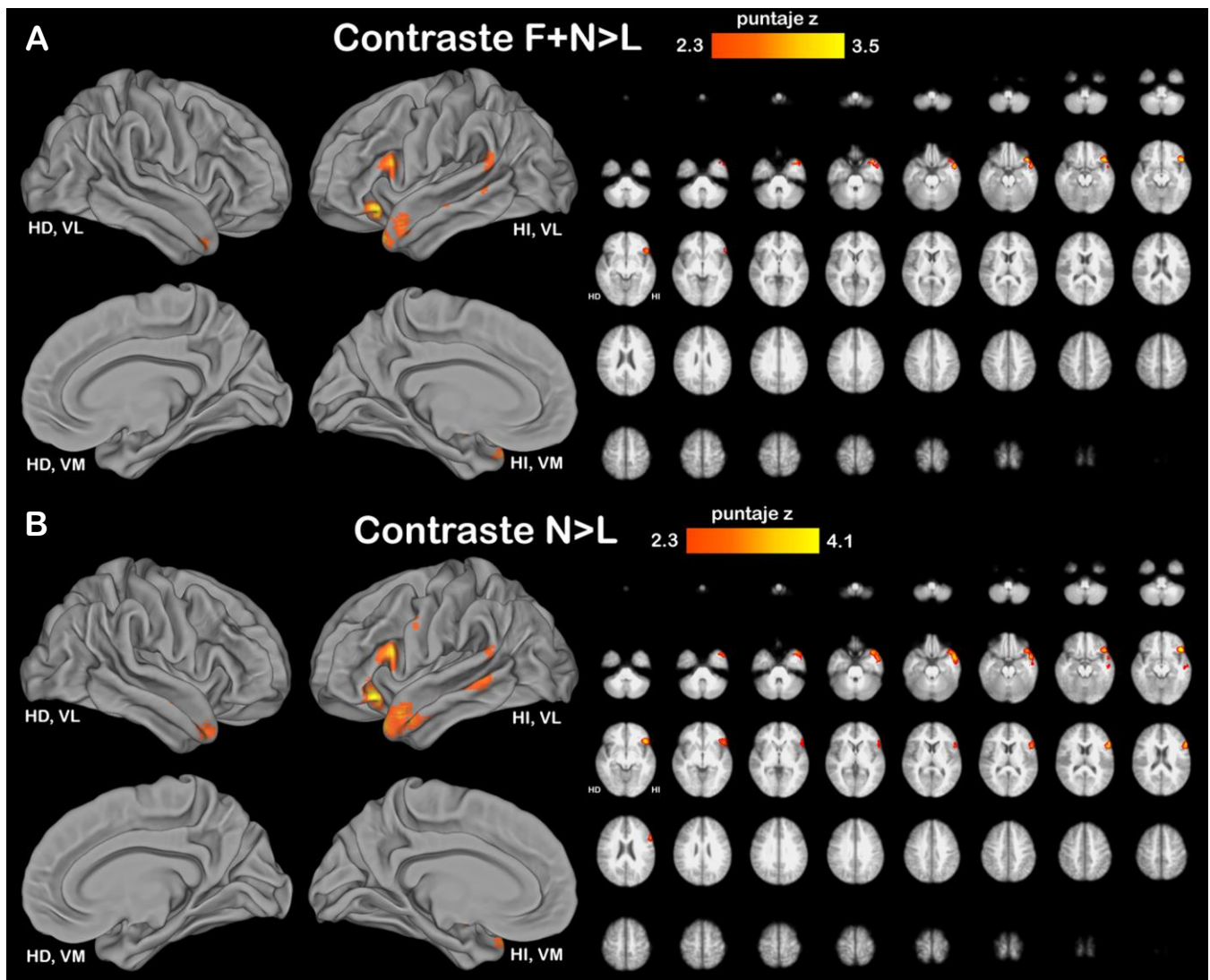


Figura 8. *Clusters* significativos de los contrastes que muestran el efecto de cada categoría de estímulo cuando están involucrados los refranes novedosos. HD = hemisferio derecho; HI = hemisferio izquierdo; VL = vista lateral; VM = vista medial.

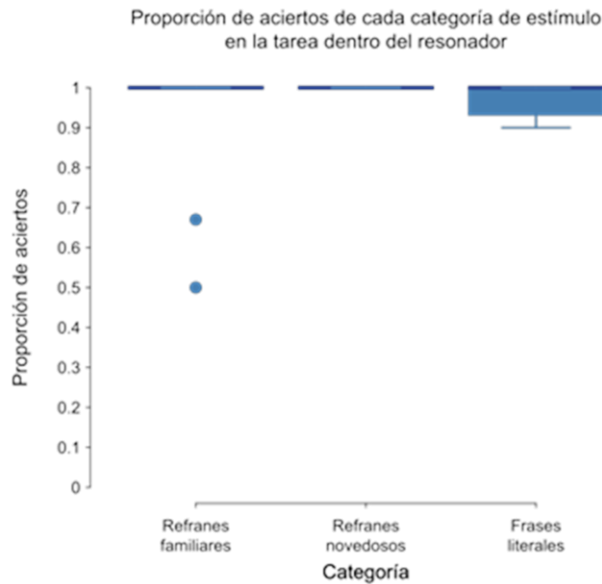
8.3.3. Análisis estadístico de las variables conductuales de la TCR y el CCR

La duración media de las corridas de la TCR fue 7 min, 30 s y la de todo el experimento fue de 29 min, 54 s. Al agregarle los 14 min para tomar imágenes anatómicas y preparar los detalles técnicos el promedio de las sesiones queda en 35 min, 54 s.

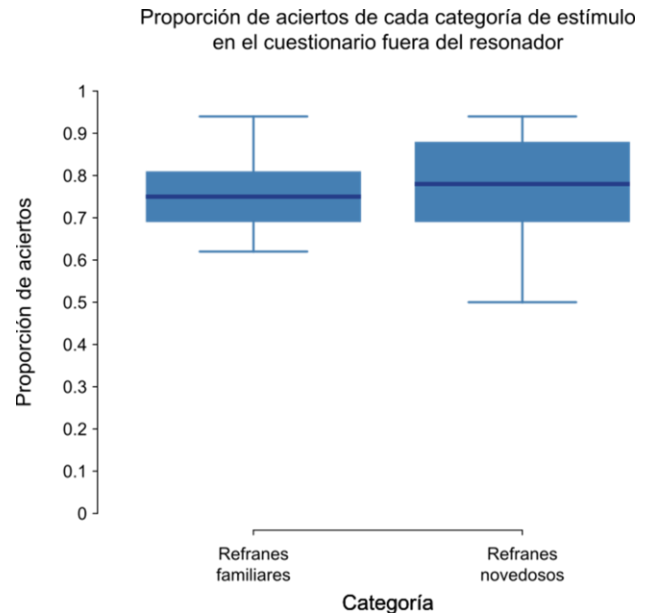
Respecto a la proporción de aciertos en la TCR, en los F la proporción de aciertos tiene una mediana de 1 (rango = 0.5 a 1) y media de 0.95 (DE = 0.14); en los N hay una mediana de 1 (rango = 1 a 1) y media de 1 (DE = 0); y en las L la mediana es de 1 (rango = 0.9 a 1) y media de 0.98 (DE = 0.38) (gráfica 7). El análisis de varianza de una vía no encontró diferencias significativas en el factor categoría ($F_{2,51} = 1.413, p > 0.05$).

En cuanto a la PA del CCR, los F tienen una mediana de 0.75 (rango = 0.62 a 0.94) y media de 0.75 (DE = 0.1); los N tienen una mediana de 0.78 (rango = 0.5 a 0.94) y media de 0.78 (DE = 0.15) (gráfica 8). La prueba t para muestras correlacionadas no mostró diferencias significativas ($t_{17} = -0.851$, $p > 0.05$). Y acerca del puntaje crudo de calificación, para los F la proporción de 2 fue igual a 0.75, de 1 igual a 0.2 y de 0 igual a 0.05; para los N la proporción de 2 fue igual a 0.78, de 1 igual a 0.16 y de 0 igual a 0.06 (gráfica 9).

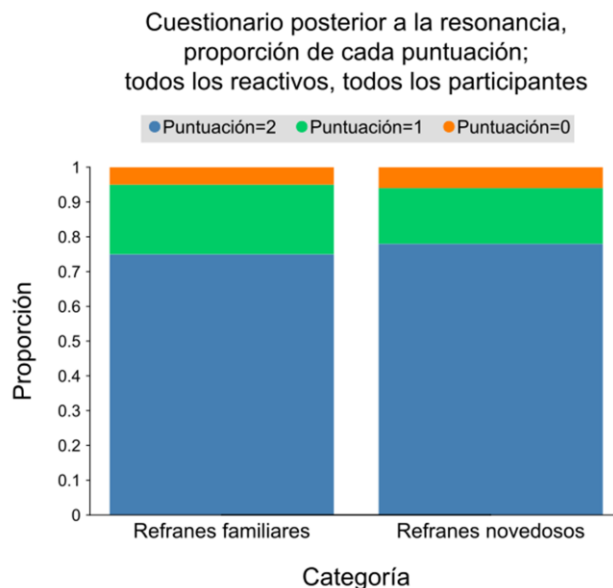
En el caso de la selección secundaria de refranes (fase 1), desde el paso 2, la mediana fue de 4 para los F y 2 para los N, debido a que fue un criterio que nosotros establecimos *a priori*. Entonces los correspondientes vectores numéricos que obtuvimos en el paso 3 estuvieron compuestos sólo de cuatros y doses. Los vectores de los F y N del cuestionario posterior al escaneo contienen más variabilidad; la mediana de los F fue de 4 y la de los N de 1.25. No fue posible hacer una prueba de Kruskal-Wallis entre las 4 variables, por lo que optamos por aplicar una prueba de U de Mann-Whitney a dos colas entre los N de la selección secundaria (fase 1) y el cuestionario posterior al escaneo (fase 3), encontrando diferencia significativa ($W=193$, $p < 0.005$) (gráfica 10); y una prueba de Wilcoxon a dos colas entre los N y F del cuestionario posterior al escaneo, donde también hubo diferencia significativa ($V=120$, $p < 0.005$) (gráfica 11).



Gráfica 7. Proporción de aciertos para cada categoría en la TCR. En los F la proporción de aciertos tiene una mediana de 1 (rango = 0.5 a 1) y media de 0.95 (DE = 0.14); en los N hay una mediana de 1 (rango = 1 a 1) y media de 1 (DE = 0); y en las L la mediana es de 1 (rango = 0.9 a 1) y media de 0.98 (DE = 0.38) El análisis de varianza de una vía no encontró diferencias significativas para el factor categoría ($F_{2,51} = 1.413$, $p > 0.05$).

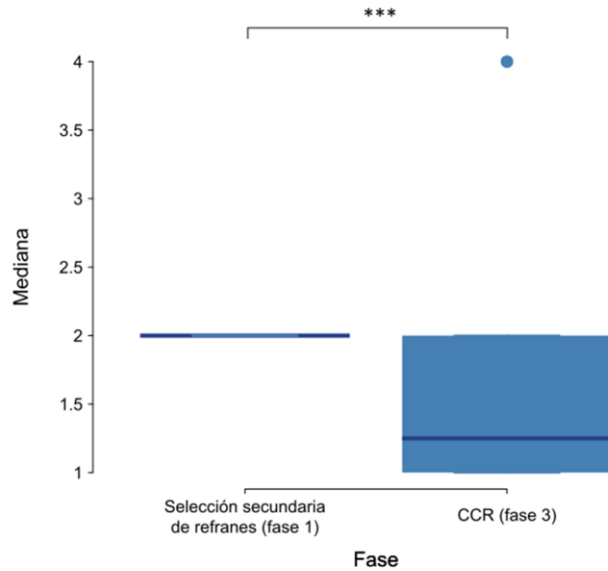


Gráfica 8. Proporción de aciertos para cada categoría en el CCR. Los F tienen una mediana de 0.75 (rango = 0.62 a 0.94) y media de 0.75 (DE = 0.1); los N tienen una mediana de 0.78 (rango = 0.5 a 0.94) y media de 0.78 (DE = 0.15). La prueba t para muestras dependientes no mostró diferencias significativas ($t_{17} = -0.851$, $p > 0.05$).



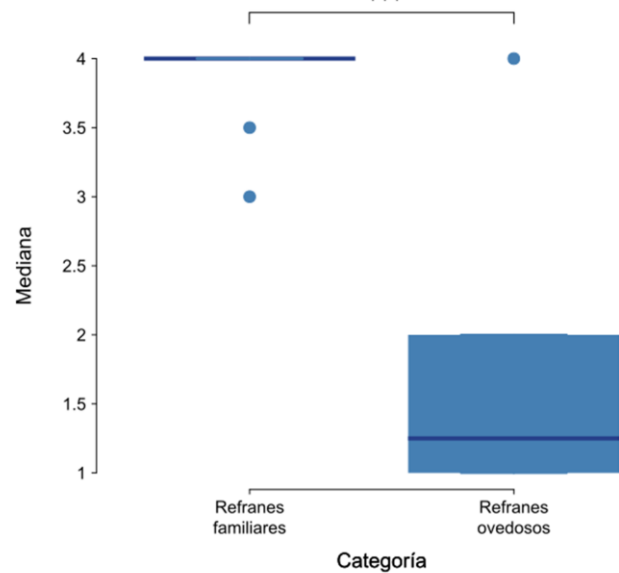
Gráfica 9. Proporción de cada puntaje crudo obtenido por los participantes al elegir el significado del refrán durante el CCR. Para los F la proporción de 2 fue igual a 0.75, de 1 igual a 0.2 y de 0 igual a 0.05; para los N la proporción de 2 fue igual a 0.78, de 1 igual a 0.16 y de 0 igual a 0.06.

Medianas de calificación de familiaridad de los refranes novedosos en diferentes fases del proyecto



Gráfica 10. Medianas de calificación de familiaridad de los refranes novedosos en diferentes fases del proyecto. La prueba U de Mann Whitney encontró diferencia significativa ($W=193$, $p<0.005$).

Medianas de calificación de familiaridad de los refranes familiares y novedosos en el CCR



Gráfica 11. Medianas de calificación de familiaridad de los refranes familiares y novedosos en el CCR. La prueba de Wilcoxon encontró diferencia significativa ($V=120$, $p<0.005$).

8.3.4. Pruebas de correlación y regresión lineal múltiple entre las variables más relevantes

Presentamos la matriz de correlaciones entre pruebas psicométricas, aciertos en la CCR y cambio en la señal BOLD en la tabla 5; se muestran las relaciones significativas ($p<0.05$) sin corregir por múltiples comparaciones. La tabla está dividida en dos partes: la primera, con fondo blanco, muestra las correlaciones entre los resultados que de una misma prueba o tarea, por ejemplo entre las subpruebas de la BANFE; la segunda, con fondo azul, detalla las correlaciones entre los resultados conductuales y el porcentaje de cambio de señal BOLD calculado con el procedimiento explicado en la sección 7.4.7.

Muchos de los resultados dentro de una misma prueba o tarea están correlacionados positivamente, mientras que la cantidad de correlaciones entre variables conductuales y porcentaje de cambio de señal BOLD son mucho menores. En el último caso no tuvimos ningún resultado de las pruebas de TdM, pero sí de efecto Stroop forma B (que mide control inhibitorio) y el índice de memoria de trabajo del WAIS, así como los porcentajes de aciertos dentro del resonador.

En la tabla 6 se presentan los resultados de los análisis de regresión. El propósito de este análisis fue determinar si los puntajes de las pruebas conductuales predecían el porcentaje de cambio de la señal *BOLD* en las áreas y en los contrastes de interés. Hicimos un modelo de regresión múltiple para las pruebas conductuales de dominio general (funciones ejecutivas y coeficiente intelectual) y otro para las pruebas TdM. Nuevamente sólo encontramos que los resultados de las pruebas de funciones ejecutivas predicen el porcentaje de cambio de señal *BOLD*, esta vez el efecto Stroop forma B y la clasificación de cartas, que evalúa control inhibitorio.

Grupo de correlaciones	Variable 1		Variable 2		Valor de r	Valor de p
	Prueba/tarea	Subprueba/índice/máscara	Prueba/tarea	Subprueba/índice/máscara		
Correlaciones entre variables de una misma prueba	BANFE	Efecto Stroop forma A	BANFE	Efecto Stroop forma B	0.728	<0.005
	WAIS	Índice de comprensión verbal	WAIS	Coeficiente intelectual	0.543	<0.05
	WAIS	Índice de razonamiento perceptual	WAIS	Coeficiente intelectual	0.818	<0.005
	WAIS	Índice de memoria de trabajo	WAIS	Coeficiente intelectual	0.787	<0.005
	TC	Comprensión	TC	Razonamiento explícito	0.53	<0.05
	TC	Comprensión	TC	Total	0.825	<0.005
	TC	Razonamiento explícito	TC	Total	0.917	<0.005
	TCR	PA de F	TCR	PA de todos los refranes	0.992	<0.005
	CCR	PA de F	CCR	PA de todos los refranes	0.74	<0.005
	CCR	PA de F	CCR	Calificación de F	0.96	<0.005
	CCR	PA de F	CCR	Calificación de todos los refranes	0.695	<0.005
	CCR	PA de N	CCR	PA de todos los refranes	0.889	<0.005
	CCR	PA de N	CCR	Calificación de N	0.971	<0.005
	CCR	PA de N	CCR	Calificación de todos los refranes	0.885	<0.005
	CCR	PA de todos los refranes	CCR	Calificación de F	0.763	<0.005
	CCR	PA de todos los refranes	CCR	Calificación de N	0.844	<0.005
	CCR	PA de todos los refranes	CCR	Calificación de todos los refranes	0.977	<0.005
	CCR	Calificación de F	CCR	Calificación de todos los refranes	0.761	<0.005
	CCR	Calificación de N	CCR	Calificación de todos los refranes	0.879	<0.005
	TCR	% Δ <i>BOLD</i> F>N polo frontal bilateral	TCR	% Δ <i>BOLD</i> F>N polo frontal izquierdo	0.996	<0.005
	TCR	% Δ <i>BOLD</i> F>N polo frontal bilateral	TCR	% Δ <i>BOLD</i> F>N polo frontal derecho	0.806	<0.005
	TCR	% Δ <i>BOLD</i> F>N polo frontal izquierdo	TCR	% Δ <i>BOLD</i> F>N polo frontal derecho	0.747	<0.005
	TCR	% Δ <i>BOLD</i> F>N precuña bilateral	TCR	% Δ <i>BOLD</i> F>N precuña izquierda	0.989	<0.005
	TCR	% Δ <i>BOLD</i> F>N precuña bilateral	TCR	% Δ <i>BOLD</i> F>N precuña derecha	0.961	<0.005
	TCR	% Δ <i>BOLD</i> F>N precuña izquierda	TCR	% Δ <i>BOLD</i> F>N precuña derecha	0.909	<0.005
	TCR	% Δ <i>BOLD</i> F+N>L polo temporal bilateral	TCR	% Δ <i>BOLD</i> F+N>L polo temporal izquierdo	0.978	<0.005
	TCR	% Δ <i>BOLD</i> L>F+N giro lingual bilateral	TCR	% Δ <i>BOLD</i> L>F+N giro lingual izquierdo	0.911	<0.005
	TCR	% Δ <i>BOLD</i> L>F+N giro lingual bilateral	TCR	% Δ <i>BOLD</i> L>F+N giro lingual derecho	0.934	<0.005
	TCR	% Δ <i>BOLD</i> L>F+N giro lingual izquierdo	TCR	% Δ <i>BOLD</i> L>F+N giro lingual derecho	0.704	<0.005

Correlaciones entre variables conductuales y % Δ BOLD	BANFE	Efecto Stroop forma B	TCR	% Δ BOLD L>F+N giro lingual izquierdo	-0.598	<0.05
	BANFE	Efecto Stroop forma A	TCR	% Δ BOLD L>F+N giro lingual izquierdo	-0.713	<0.005
	WAIS	Índice de memoria de trabajo	TCR	% Δ BOLD F>N precuña izquierda	-0.527	<0.05
	TCR	PA de F	TCR	% Δ BOLD F+N>L polo temporal izquierdo	-0.584	<0.05
	TCR	PA de todos los refranes	TCR	% Δ BOLD F+N>L polo temporal izquierdo	-0.559	<0.05

Tabla 5. Resultados de las pruebas de correlación de Pearson sin corregir por múltiples comparaciones entre los resultados conductuales y de análisis de RDI que alcanzaron significancia estadística ($p < 0.05$). % Δ BOLD = porcentaje de cambio de la señal BOLD.

Variable(s) predictor(a)s	Variable predicha	Variable(s) significativa(s)	Valor de F	Valor de p	Valor de r^2	Valor de r^2 ajustada
BANFE, WAIS	% Δ BOLD L>F+N giro lingual izquierdo	Efecto Stroop forma B	16.507	0.001	0.508	0.477
BANFE, WAIS	% Δ BOLD F>N polo frontal izquierdo	Clasificación de cartas, índice de comprensión verbal	6.255	0.011	0.455	0.382

Tabla 6. Resultados de los modelos de regresión lineal múltiple en donde las variables predictor(a)s alcanzaron significancia estadística. % Δ BOLD = porcentaje de cambio de la señal BOLD.

9. DISCUSIÓN

El objetivo principal de nuestro proyecto fue describir los correlatos cerebrales de la interpretación de refranes mexicanos utilizando imagen por resonancia magnética funcional. Para tal fin propusimos 5 hipótesis de trabajo, y para responderlas utilizamos contrastes específicos en el análisis estadístico de las imágenes. Las hipótesis 1 y 2 se cumplen a cabalidad, pues encontramos activación de áreas relacionadas con las FEs y TdM y la comprensión de refranes. En el caso de la hipótesis 3, los resultados del contraste F>N (comprensión de frases literales) no se parecen a los de F>N (comprensión diferencial de los refranes familiares), así que no la logramos comprobar. Y acerca de las hipótesis 4 y 5, vimos casi el fenómeno contrario. Es decir, en lugar de ver aumento de áreas relacionadas con FEs y TdM en la comprensión diferencial de refranes novedosos, lo vimos en la de los familiares; y en el procesamiento diferencial de refranes novedosos no encontramos nada. Los resultados fueron inesperados y sorprendentes, y debido a que casi no hay nada más reportado sobre este tema, hubo que proponer explicaciones alternas a lo que hallamos.

9.1. Análisis de imágenes de todo el cerebro

El contraste L>F+N (figuras 6B y 7A) ayuda a responder la hipótesis 3 y habla acerca del procesamiento diferencial del lenguaje no pragmático, en el cual no debería haber activación de áreas relacionadas con la TdM o FEs, sino con el lenguaje “convencional”. Ciertamente los *clusters* significativos están circunscritos a zonas relacionadas con el

procesamiento visual y de palabras (Wandell, 2011; Le y cols., 2017) así como imagería visual (Cavanna y Trimble, 2006). Nuestras oraciones literales, así como los refranes, describen al mundo, y podría ser que hagan que el lector imagine un escenario o un lugar en particular, lo que podría explicar la presencia de este segundo *cluster*.

Casi el mismo patrón de activación puede verse en los contrastes L>N (figura 7B) y L>F (figura 7C). Hay regiones frontales y occipitales, y tenemos que el cíngulo posterior no se activa en L>F. También se nota que el efecto de L>F+N se debe más a la contribución de L>N que a la de L>F. Para seguir con el tema de la poca aportación de los mapas estadísticos de los refranes familiares a sus respectivos contrastes, recordemos que N>L (figura 8B) sí reporta *clusters* significativos y F>L ninguno. Aquí es donde comenzamos a ver diferencias sutiles entre F y N, pues en la comparación directa de los dos grupos de refranes (es decir, contrastes F>N y N>F) sólo tenemos resultados en F>N. Tal vez los refranes familiares están tan asimilados por las personas que al leerlos no necesitan echar a andar mecanismos de comprensión, imaginación, integración semántica o algún otro, además debido a que las preguntas dentro del resonador no tenían contexto, tampoco debían esforzarse en encontrar una relación entre éste y el proverbio. En contraste, las frases literales, a pesar de ser lenguaje no figurado, eran nuevas, y por lo tanto sí necesitaban ser leídas con más atención.

F+N>L (figuras 6A y 8A) responde las hipótesis 1 y 2 e indica la activación diferencial de refranes en comparación con el lenguaje no figurado. La tabla que nos arrojó FSL solo contiene un *cluster*, que incluye la corteza orbitofrontal y polo temporal izquierdos; pero hay que tomar en cuenta que en los mapas estadísticos también sobreviven *voxels* en el giro temporal medio y supramarginal izquierdos (este último forma parte de la unión temporoparietal (Shurz y cols., 2017)) así como temporal medio derecho. Tal como habíamos esperado, tenemos representación de funciones cognitivas diferentes a las de la lectura solamente. La corteza orbitofrontal (AB 45) está relacionada con la memoria de trabajo (Rottschy cols., 2012), su participación podría consistir en mantener en línea los dominios de los que hablan los refranes para poder relacionarlos más adelante. La unión temporoparietal es la zona cerebral que más se ha encontrado activada en tareas de TdM: Shurz y cols. (2014) encontraron en su metaanálisis que esta parte, junto con el giro frontal medio izquierdo, forman su red central. En su artículo de revisión, Frith y Frith (2006) consideran

una red más extensa formada por esta área, el polo temporal y la corteza prefrontal medial bilaterales.

F>N responde la hipótesis 3 y nos dice acerca de la actividad del cerebro cuando se comprenden refranes familiares respecto a los novedosos. Hay diferencias significativas en la precuña y cuña bilaterales, así como polo frontal predominantemente izquierdo. Otros *clusters* que no aparecen en la lista proporcionada por FSL y que son importantes, son el cíngulo posterior, giro paracingulado y corteza occipital lateral, todos en el hemisferio izquierdo. La implicación del polo frontal izquierdo podría deberse al reclutamiento de memoria de trabajo (AB 10, 46 y 47) (Rottschy y cols., 2012) y control inhibitorio (AB 10 y 46) (Swick y cols., 2011). La memoria de trabajo podría estar cumpliendo un papel similar al que vemos en el contraste anterior, es decir, podría estar reteniendo los dominios de los refranes para posteriormente hacer un enlace entre ellos. El control inhibitorio es más interesante: puede que sea a través del cual el cerebro deja de abstraer el significado literal de los refranes para darle preferencia al metafórico. Esta explicación ya ha sido propuesta por Rapp y cols. (2012), pero nosotros no tenemos conocimiento de que haya sido evaluada experimentalmente. Al ver la activación del cíngulo posterior, precuña y cuña volvemos a pensar que la imagería visual está involucrada. Es común que un refrán hable de cosas o animales que son fáciles de imaginar para el participante, y que esta parte de la cognición esté activa todo el tiempo mientras se comprende un proverbio. Por otro lado, las regiones cerebrales relacionadas con la TdM no están activas en este contraste. Parece ser que esta parte de la tarea sólo involucró funciones ejecutivas.

Nos llama la atención que no haya ningún *voxel* significativo en N>F, que respondería la hipótesis 5. Estos resultados sugieren que los refranes novedosos no requieren de más recursos cognitivos para ser comprendidos que los familiares, sin embargo en contraste con las frases literales, se observa mayor activación del polo temporal y del giro frontal inferior, lo que indica un procesamiento diferencial que posiblemente involucra el componente pragmático.

9.2. Análisis de las variables conductuales

En cuanto a las funciones cognitivas y capacidades que predijeron la activación cerebral diferencial, encontramos que la flexibilidad mental y la comprensión del lenguaje predicen la activación en áreas frontales en el contraste F>N. Mientras que la atención o

control inhibitorio, predijo la activación de áreas occipitales en el contraste L>F+N, sugiriendo un proceso de índole perceptual.

Dentro del resonador los participantes tenían que responder una pregunta de comprensión de las frases en un 25% de los estímulos. Verificamos con el Cuestionario de Comprensión de Refranes que se aplicó después de la obtención de imágenes, que las respuestas hubieran sido consistentes en ambos casos y encontramos que las proporciones de aciertos en ambas categorías de refranes son muy parecidas. Los resultados de las calificaciones crudas del CCR (2, 1 ó 0) indican que cuando los participantes no responden la opción correcta, por lo general eligen la parcialmente correcta (gráfica 9). Lo interesante es que son muy parecidas las puntuaciones de los F y de los N. Es decir que aunque los refranes sean novedosos, se comprenden, lo cual va de acuerdo con lo que se observó en los contrastes de las imágenes cerebrales: los refranes novedosos parecen requerir más recursos para su procesamiento en contraste con las frases literales, pero no más que los refranes familiares.

El CCR también incluyó la calificación de los refranes por familiaridad y los resultados confirmaron que los participantes efectivamente consideran familiares y novedosos los reactivos que *a priori* habíamos categorizados como tales (gráficas 10 y 11). Por lo tanto podemos estar seguros de que los correlatos cerebrales de la lectura de unos u otros sí corresponden a la categoría que nosotros establecimos, y también muestra que este banco de reactivos puede seguir siendo utilizado para experimentos de este tipo.

9.3. Análisis de los estímulos lingüísticos

Uno de los objetivos primordiales de este trabajo fue explorar la comprensión del sentido figurado de los refranes, eliminando tanto como fuera posible los elementos que tienen más que ver con su naturaleza lingüística. Por ejemplo, en “Entre menos burros más olotes” algunas personas no sabían qué es un olote. En “Espantóse la muerta de la degollada” probablemente la palabra “espantóse” no hubiera sido reconocida adecuadamente como un verbo. En otro ejemplo, probablemente la relación semántica entre las palabras de un refrán es demasiado lejana, como en “El que porfía mata venado”. Si hubiéramos usado estos refranes en la TCR y hubiéramos visto prolongación de los tiempos de respuesta o disminución de las proporciones de aciertos, no habría sido posible atribuírselo a la falta de comprensión del sentido figurado.

La familiaridad fue otro de los aspectos que evaluamos en este trabajo dada la importancia que se le ha dado en la teoría de la relevancia graduada de Giora. Encontramos que los refranes se podían dividir claramente en familiares y novedosos y que tanto en la selección de refranes como en la evaluación al final de la resonancia magnética se mantuvo la diferencia entre ambos tipos de refranes.

En cuanto a la literalidad, a lo largo del desarrollo del proyecto nos dimos cuenta de que ningún refrán se considera totalmente literal ni totalmente metafórico, y puede ser calificado como literal por algunos participantes y como literal por otros. Es así que decidimos elegir los refranes que hubieran sido calificados con 2 o 3 en la encuesta por la mayoría de los participantes.

Por último, la valencia emocional tendría que ver con la rapidez con la que determinado refrán sería comprendido por el individuo. Citron (2014) mostró en tareas de decisión léxica que las palabras con valencia emocional negativa tienen menor tiempo de respuesta comparadas con las de valencia emocional positiva. Para evitar introducir un sesgo, dejamos que los refranes variaran aleatoriamente en la calificación que le otorgaron los participantes en esta dimensión.

En la última selección de los refranes buscamos que tuvieran el mismo número de palabras para controlar la carga de memoria de trabajo, los resultados de la comparación entre tipos de refranes, novedosos y familiares, confirmaron que no había diferencias entre ellas. Así que el proceso de selección por el que pasaron los proverbios nos dio seguridad para saber que los correlatos cerebrales de su comprensión son por efecto de su sentido figurado y no por sus propiedades morfológicas, sintácticas o léxicas.

Las frases literales que construimos, cumplieron con el propósito de ser frases que describieran la realidad, comprensibles, con una valencia emocional neutra y con el mismo número de palabras que los refranes.

Gracias al registro de tiempos de respuesta a la lectura encontramos que los tiempos de respuesta de los refranes novedosos son mayores a los de los refranes familiares. Mashal y cols. (2007) encontraron resultados similares pero analizando metáforas. Este hallazgo indica que los refranes novedosos requieren un mayor tiempo de procesamiento en comparación con los familiares, es posible que esto tenga que ver con el hecho de que los refranes familiares son unidades fraseológicas bien conocidas y es posible que con leer las primeras palabras, el participante complete la frase sin necesidad de leerla.

9.4. Aplicaciones del proyecto

El primer objetivo en cumplirse satisfactoriamente fue producir un banco de refranes catalogados por su familiaridad, que podría ser utilizado en experimentos lingüísticos y psicológicos posteriores, ya sea por nosotros u otro grupo de investigación.

El registro de tiempos de respuesta a la lectura de los refranes nos indicó que hay un procesamiento distinto entre los dos tipos de refranes, lo que puede plantar una semilla para hacer protocolos más amplios que exploren este fenómeno y puedan complementarse con mediciones electrofisiológicas para tener mejor resolución temporal.

Por último, recordemos que el estudio del lenguaje es antiguo y está en constante remodelación. Se han abordado extensamente aspectos fonológicos, morfológicos, sintácticos y semánticos, pero el pragmático había estado rezagado, probablemente por su complejidad. Así que nuestros resultados han aportado información útil que permite seguir una dirección en esta línea de investigación. Y eso más tarde se verá reflejado en la elaboración de más completos modelos cognitivos del lenguaje.

9.5. Limitaciones del proyecto

Uno de los asuntos que siempre hay que cuidar en los protocolos de resonancia magnética funcional es su duración. Como hemos visto, los participantes pasaron aproximadamente 40 minutos dentro del escáner. Este es todavía un tiempo adecuado, pero roza en lo tedioso, así que sería bueno encontrar una forma de hacer más corto el paradigma sin sacrificar su capacidad de provocar el proceso cognitivo que buscamos.

La tabla 5 muestra consistencia interna entre las pruebas psicométricas aplicadas, pero casi no hay correlación entre éstas y el porcentaje de cambio de señal *BOLD*. Esto se puede deber en parte al efecto de techo de algunas subpruebas, y también a la poca muestra de participantes. Recordemos que, si bien en estudios de IRMf es suficiente una cantidad de sujetos como la que reclutamos, es necesario un número mucho mayor si queremos trabajar con variables psicométricas o conductuales. Ahora bien, nuestro objetivo principal estuvo enfocado en describir correlatos imagenológicos de una función cognitiva en específica y no su perfil conductual, por lo que esta situación no significa que nuestros resultados sean débiles.

10. CONCLUSIONES

Los correlatos cerebrales de la comprensión de refranes mexicanos como conjunto son diferentes de los de la comprensión de frases literales y reclutan áreas cerebrales relacionadas con la memoria de trabajo y teoría de la mente.

Los datos conductuales y mapas estadísticos de IRMf indican que el procesamiento de refranes mexicanos novedosos es diferente al de los familiares. En la interpretación de refranes mexicanos familiares, en comparación con los novedosos, es evidente la intervención de la memoria de trabajo y el control inhibitorio, mientras que la de la teoría de la mente parece ser limitado.

No hay un efecto en la interpretación de refranes novedosos en comparación con los familiares. Son necesarios más y diferentes diseños experimentales para saber si, efectivamente, no hay diferencias en este sentido.

11. REFERENCIAS

1. Allegri R(2006). Reading themind in the eyes: controls data from normal cohort in Spanish adult population from Buenos Aires, Argentina.
2. van Ackeren, M.J., Casasanto, D., Bekkering, H., Hagoort, P., and Rueschemeyer, S., (2012). Pragmatics in Action: Indirect Requests Engage Theory of Mind Areas and the Cortical Motor Network. *Journal of Cognitive Neuroscience* 24:11, pp. 2237–2247.
3. Appendini,G. (1997). Refranes populares de México. Porrúa. México.
4. Badgaiyan, R. (2012). Nonconscious perception, conscious awareness and attention. *Consciousness and Cognition*, 21, 573-583.
5. Bambini, V. and Bara B. G. (2012). Neuropragmatics. *Handbook of Pragmatics*.
6. Baron-Cohen, S., Jolliffe, T., Mortimore, C., & Robertson, M. (1997). Another advanced test of theory of mind: evidence from very high functioning adults with autism or asperger syndrome. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, 38(7), 813–822. <http://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1997.tb01599.x>
7. Baron-Cohen, S., Wheelwright, S., Hill, J., Raste, Y., & Plumb, I. (2001). The “Reading the Mind in the Eyes” Test revised version: a study with normal adults, and adults with Asperger syndrome or high-functioning autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, 42(2), 241–251. <http://doi.org/10.1111/1469-7610.00715>.
8. Bechara A, Damasio H and Damasio AR (2000). Emotion, decision making and the orbitofrontal cortex. *Cerebral cortex* Mar 2000;10:295-207; 1047-3211/00/\$4.00.
9. Bohrn, I. C., Altmann, U., & 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. <http://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.07.021>
- 10.Bohrn, I. C., Altmann, U., Lubrich, O., Menninghaus, W., & Jacobs, A. M. (2012). Old proverbs in new skins—an fMRI study on defamiliarization. *Frontiers in Psychology*, 3(JUL), 1–18. <http://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00204>.
- 11.Bottini, G., Corcoran, R., Sterzi, R., Paulesu, E., Schenoe, P., Frackowiak, R.S.J., and Frith, C.D. (1994). The role of the right hemisphere in the interpretation of figurative aspects of language. A positron emission tomography activation study. *Brain* 117, 1241-153.
- 12.Brüne, M. (2005). Emotion recognition, “theory of mind,” and social behavior in schizophrenia. *Psychiatry Research*, 133(2-3), 135–147. <http://doi.org/10.1016/j.psychres.2004.10.007>
- 13.Brüne, M., & Bodenstein, L. (2005). Proverb comprehension reconsidered—“theory of mind” and the pragmatic use of language in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 75(2-3), 233–239. <http://doi.org/10.1016/j.schres.2004.11.006>.
- 14.Carbonell-Basset, D. (2002). Diccionario panhispánico de refranes. España.
- 15.Cavanna AE and Trimble MR (2006). The precuneus: a review of its functional anatomy and behavioural correlates. *Brain* (2006), 129, 564–583
- 16.Chiape, DL and Chiappe, P. (2007). The role of working memory in metphor production and comprehension. *Journal of Memory and Language*, 56 (2007) 172-188.

17. Citron FMM, Weekes BS. and Ferstl EC. Arousal and emotional valence interact in written word recognition. *Language, Cognition and Neuroscience*, 2014.
18. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Ingresado el 6 de junio de 2016. Criterios SNI. <http://conacyt.mx/index.php/el-conacyt/convocatorias-y-resultados-conacyt/convocatorias-sistema-nacional-de-investigadores-sni/marco-legal-sni/criterios-sni/>
19. Corpas-Pastor, G. (1996). *Manual de fraseología española*. Gredos.
20. Davis, M.H. (1980). A multidimensional approach to individual differences in empathy. *Catalog of Selected Documents in Psychology*, 10, 85, 1-17.
21. Derogatis, L.R. (1977). *SCL-90-R: Administration, Scoring & Procedures. Manual II: Clinical Psychometric Research*.
22. Desmond JE and Glover GH (2002). Estimating sample size in functional MRI (fMRI) neuroimaging studies: Statistical power analyses. *Journal of Neuroscience Methods* 118 (2002) 115-128.
23. Dodell-Feder, D. (2013). Using Fiction to Assess Mental State Understanding: A New Task for Assessing Theory of Mind in Adults. *Plos One*. 2013.8.11.
24. Elliot R., Dolan R.J., and Frith C.D. (2000). Dissociable functions in the medial and lateral orbitofrontal cortex: evidence from human neuroimaging studies. *Oxford University Press*, 10:308-317.
25. Escandell, M. V. (1993). *Introducción a la Pragmática*. Barcelona: Editorial Anthropos.
26. Escrivá VM, Frías-Navarro MD y Samper-García P (2004). La medida de la empatía: análisis del Interpersonal Reactivity Index. *Psicothema* 2004. Vol. 16, nº 2, pp. 255-260.
27. Faust M and Mashal N (2007). The role of the right cerebral hemisphere in processing novel metaphoric expressions taken from poetry: A divided visual field study. *Neuropsychologia* 45 (2007) 860–870.
28. Fernandino, L., Conant, L. L., Binder, J. R., Blindauer, K., Hiner, B., Spangler, K., & Desai, R. H. (2013). Where is the action? Action sentence processing in Parkinson's disease. *Neuropsychologia*, 51(8), 1510–1517. <http://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2013.04.008>
29. Ferretti, T. R., Schwint, C. a., & Katz, A. N. (2007). Electrophysiological and behavioral measures of the influence of literal and figurative contextual constraints on proverb comprehension. *Brain and Language*, 101(1), 38–49. <http://doi.org/10.1016/j.bandl.2006.07.002>
30. Filosa, J. A., Morrison, H. W., Iddings, J. A, Du, W y Kim, K. J. (2015). Beyond neurovascular coupling, role of astrocytes in the regulation of vascular tone. *Neuroscience*.
31. Flores-Lázaro, J.L., Ostrosky-Shejet, F., Lozano-Gutiérrez, A. (2014). *Batería Neuropsicológica de funciones ejecutivas y lóbulos frontales (BANFE-2)*. Manual Moderno.
32. Flores-González, L.M. (2003). "Ni son todos los que están, ni están todos los que son". *Refranero mexicano*. 1300 dichos y refranes (los mejores). Grupo editorial México. México.
33. Frith, C. D., & Frith, U. (2006). The Neural Basis of Mentalizing. *Neuron*, 50(4), 531–534. <http://doi.org/10.1016/j.neuron.2006.05.001>
34. Gibbs Raymond W., J., & Beitel, D. (1995). What Proverb Understanding Reveals About How People Think. *Psychological Bulletin*, 118(1), 133–154. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1037/0033-2909.118.1.133>
35. Giora, R. (1997). Understanding figurative and literal language: The graded salience hypothesis. *Cognitive linguistics*, 8-3 (1997), 183-206.

36. Giora, R. (2003). Salience and Context. In *On our Mind: Salience, Context, and Figurative Language*. Sin lugar. Oxford University Press.
37. Glucksberg, S. (2003). The psycholinguistics of metaphor. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(2), 92–96. [http://doi.org/10.1016/S1364-6613\(02\)00040-2](http://doi.org/10.1016/S1364-6613(02)00040-2)
38. Grice, P. (1970). *Logic and Conversation*.
39. Happé F (1993). Communicative Competence and Theory of Mind in Autism: A Test of Relevance Theory. *Cognition*. 48 (1993) 101-119.
40. Happé, F. (2003). Theory of Mind and the Self. *Annals New York Academy of Sciences*. 134-144.
41. Hickok G (2009). The functional neuroanatomy of language. *Physics of Life Reviews* 6 (2009) 121–143
42. Holtgraves, T. & McNamara, P. (2010). Pragmatic Comprehension Deficit in Parkinson's Disease. *J Clin Exp Neuropsychol*. 2010 April ; 32(4): 388–397. doi:10.1080/13803390903130729.
43. Huettel, S. A., Song, A. W. y McCarthy, G. (2004). *Functional magnetic resonance imaging*. Sinauer Associates, Inc., Massachusetts, EEUU.
44. IBM Corp. Released 2011. *IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0*. Armonk, NY: IBM Corp.
45. Jahn, A., 2012. Creating Masks in FSL. URL: <http://andysbrainblog.blogspot.mx/2012/11/creating-masks-in-fsl.html>.
46. Jenkinson, M., Beckmann, C. F., Behrens, T. E., Woolrich, M. W. y Smiths, S. M. (2012). FSL. *Neuroimage*, 62(2), 782-790.
47. Kandel, E. R., Schwartz, J. H. 1., & Jessell, T. M. (2000). *Principles of neural science* (4th ed.). New York: McGraw-Hill, Health Professions Division.
48. Katz, A. N., & Ferretti, T. R. (2003). Reading Proverbs in Context: The Role of Explicit Markers Reading Proverbs in Context: The Role of Explicit Markers, 36(January 2013), 37–41.
49. Koehler, R. C., Roman R. J. y Harde, D. R. (2008). Astrocytes and the regulation of cerebral blood flow. *Trends in Neurosciences* Vol.32 No.3.
50. Koser, K. (2010). Introduction: International migration and global governance. *Global Governance*, 16(3), 301–315. <http://doi.org/10.1093/acprof>.
51. Laia VT, Currana T, Menn L (2009). Comprehending conventional and novel metaphors: An ERP study. *Brain Research* 1284 (2009) 145–155.
52. Lakoff, G. (1990). *Women, Fire, and Dangerous Things. What Categories Reveals About the Mind*. EEUU: The University of Chicago Press.
53. Le R, Witthoft N, Ben-Sachar M, Wandell B (2017). The field of view available of the ventral occipito-temporal reading circuitry. *Journal of Vision* (2017) 17(4):6, 1–19.
54. Lee SB, Song SH, Ham JH, Song DH, Cheon KA (2015). Idiom Comprehension Deficits in High-Functioning Autism Spectrum Disorder Using a Korean Autism Social Language Task. *Yonsei Med J* 2015 Nov; 56(6):1613-1618.
55. Mashal, N., Faust, M., Hendler, T., Jung-Beerman, M. (2007). An fMRI investigation of the neural correlated underlying the process of novel metaphoric expressions. *Brain and language*, 100 (2007), 115-126.
56. McNamara, P., Holtgraves, T., Durso, R., Harris, E. (2010). social cognition of indirect speech: Evidence from Parkinson's Disease. *Journal of Neurolinguistics*, 2010 March 1; 23(2):162.

57. Mcnamara, P. (2011). NIH Public Access, 32(4), 388–397. <http://doi.org/10.1080/13803390903130729>. Pragmatic
58. Mejía-Prieto, J. (1985). *Albures y refranes de México*. Panorama. México.
59. Monetta, L., & Pell, M. D. (2007). Effects of verbal working memory deficits on metaphor comprehension in patients with Parkinson's disease. *Brain and Language*, 101(1), 80–89. <http://doi.org/10.1016/j.bandl.2006.06.007>
60. Moor, B. G., Macks, Z. A. Op de, Güroglu, B., Rombouts, S. A. R. B., Molen, M. W. Van der, & Crone, E. A. (2012). Neurodevelopmental changes of reading the mind in the eyes. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 7(1), 44–52. <http://doi.org/10.1093/scan/nsr020>
61. Mumford J (no date). A Guide to Calculating Percent Change with Featquery. No editorial.
62. Norbury, C. F. (2005). The relationship between theory of mind and metaphor: Evidence from children with language impairment and autistic spectrum disorder. *British Journal of Developmental Psychology*, 23(3), 383–399. <http://doi.org/10.1348/026151005X26732>
63. Oldfield, R.C. (1971). The assesment and analysis of handedness: The Edimburg inventory. *Neuropsychologia*, 9, 97-113.
64. Papagno C, Mattavelli G, Cattaneo Z, Romito L, Albanese A. (2013). Ambiguous idiom processing in Parkinson's disease patients. *Cognitive Neuropsychology*, 2013. Vol. 30, Nos. 7–8, 495–506
65. Pérez-Martínez, H. (2004). *Refranero mexicano*. Academia Mexicana y Fondo de Cultura Económica. México.
66. Petrides M (2014). *Neuroanatomy of Language Regions of the Human Brain*. Academic Press. Oxford, United Kingdom.
67. Poldrack RA (2007). Region of interest analysis for fMRI. doi:10.1093/scan/nsm006
68. Poppenk J and Moscovitch M (2011). A hippocampal marker of Recollection Memory ability among healthy young adults: contributions of posterior and anterior segments. *Neuron* 72, 931–937, December 22, 2011 ©2011 Elsevier Inc.
69. Premack, D., & Woodruff, G. (1978). Does the Chimpanzee have a Theory of Mind? *The Behavioral and Brain Sciences*, 34(1), 1401–1407. <http://doi.org/10.1016/j.celrep.2011.1011.1001.7>.
70. R Development Core Team (2008). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
71. Rapp AM, Leube DT, Erb M, Grodd W, Kircher TTJ (2007). Laterality in metaphor processing: Lack of evidence from functional magnetic resonance imaging for the right hemisphere theory. *Brain and Language* 100 (2007) 142–149.
72. Rapp AM, Mutschler DE, Erb M (2012). Where in the brain is nonliteral language? A coordinate-based meta-analysis of functional magnetic resonance imaging studies. *NeuroImage* 63 (2012) 600–610.
73. Rorden, C., Brett, M. (2000). Stereotaxic display of brain lesions. *Behavioural Neurology*. 12, 191-200.
74. Rottschy C, Langner R, Dogan I, Reetz K, Laird AR, Schulz JB, Fox PT, and Eickhoff SB. Modelling neural correlates of working memory: A coordinate based meta-analysis. *Neuroimage*. 2012 March ; 60(1): 830–846. doi:10.1016/j.neuroimage.2011.11.050.

75. Schnell K, Bluschke S, Konradt B and Walter H (2011). Functional relations of empathy and mentalizing: An fMRI study on the neural basis of cognitive empathy. *Neuroimage* 54 (2011) 1743-1754.
76. Schurz M, Radua J, Aichhorn M, Richlana F, Perner J. Fractionating theory of mind: A meta-analysis of functional brain imaging studies. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 42 (2014) 9–34
77. Schurz M, Tholen MG, Perner J, Mars RB, Sallet J. Specifying the Brain Anatomy Underlying Temporo-Parietal Junction Activations for Theory of Mind: A Review using Probabilistic Atlases from Different Imaging Modalities. *Human Brain Mapping* 00:00–00 (2017).
78. Sperber, D., & Wilson, D. (2002). Pragmatics, Modularity and Mind-reading. *Mind and Language*, 17(April), 3–23. <http://doi.org/10.1111/1468-0017.00186>
79. Sternberg RJ and Sternberg K (2011). *Cognitive Psychology*. Sixth Edition. Wadsworth, Cengage Learning. California, USA.
80. Stuss, D.T., and Alexander M.P. (2000). Executive functions and the frontal lobes: a conceptual view. *Psychological research*, 63: 289-298.
81. Swick D, Ashley V, Turken U. Are the neural correlates of stopping and not going identical? Quantitative meta-analysis of two response inhibition tasks. *NeuroImage* 56 (2011) 1655–1665.
82. Tartter, V. C., Gomes, H., Dubrovsky, B., Molholm, S., & Stewart, R. V. (2002). Novel metaphors appear anomalous at least momentarily: evidence from N400. *Brain and Language*, 80(3), 488–509. <http://doi.org/10.1006/brln.2001.2610>
83. Tettamanti M, Buccino G, Saccuman MC, Gallese V, Danna M, Scifo P, Fazio F, Rizzolatti G, Cappa SF, Perani D (2005). Listening to Action-related Sentences Activates Fronto-parietal Motor Circuits. *Journal of Cognitive Neuroscience* 17:2, pp. 273–281.
84. Thoma, P., & Daum, I. (2006). Neurocognitive mechanisms of figurative language processing—Evidence from clinical dysfunctions. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 30(8), 1182–1205. <http://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2006.09.001>
85. Tomasi D and Volkow ND (2012). Resting Functional Connectivity of Language Networks: Characterization and Reproducibility. *Mol Psychiatry*. 2012 July ; 17(8): 841–854. doi:10.1038/mp.2011.177.
86. Uekermann, J., Thoma, P., and Daum, I. (2008). Proverb interpretation changes in aging. *Brain and cognition*, 67 (2008), 51-57.
87. Wandell BA (2011). The neurobiological basis of seeing words. *Ann N Y Acad Sci*. 2011 April ; 1224(1): 63–80.
88. Wechsler, D. (2008). *Escala Wechsler de Inteligencia para Adultos IV (WAIS-IV)*. Manual Moderno.
89. Zimmermann N, Gindri G, Rosa-de-Oliveira C, Paz-Fonseca R (2011). Pragmatic and Executive Functions in Traumatic Brain Injury and Right Brain Damage. An Exploratory Comparative Study. *Dement Neuropsychol* 2011 December;5(4):337-345.

Apéndice A. Imagen por resonancia magnética funcional (fMRI)

Esta es la técnica que utilizamos en nuestro proyecto y repasamos extensamente en la sección introductoria de este texto. Para entender cómo funciona es conveniente exponer sus características más importantes. Y para tal fin podemos separarla en dos técnicas complementarias, una siendo la adquisición de imágenes anatómicas, y la otra la superposición de imágenes funcionales.

A.1. Adquisición de imágenes anatómicas por resonancia magnética

El núcleo de los átomos está formado por neutrones y protones, que tienen un movimiento intrínseco de precesión capaz de generar un pequeñísimo campo magnético y por tanto un vector de magnetización susceptible de ser medido. Generalmente los protones de nuestro cuerpo precesan de manera desordenada y sus vectores de magnetización tienden a cancelarse. Cuando los protones son sometidos a un campo magnético externo más potente que el de su frecuencia de precesión (llamado B_0), se alinean con el mismo, produciendo un vector de magnetización mucho más grande y estable por el tiempo que dure el campo magnético. Si más adelante, aún con B_0 sincronizando las precesiones de los protones, se les aplica un segundo campo magnético con la misma frecuencia que la de precesión de los protones (denominado B_1), se alinearán con este último (Huettel, 2004).

Un resonador magnético genera ambos campos, el primero mediante una bobina alrededor de la persona y el segundo a través de una antena. El objetivo de B_1 es sincronizar la precesión exclusivamente de los protones de hidrógeno debido a que son los más abundantes del cuerpo, por lo tanto su frecuencia debe ser de la misma que la de precesión de ellos (42.5 MHz/T) (Ibíd.). Un tercer juego de electroimanes, denominados gradientes, se encarga de codificar la dirección de los vectores de magnetización en los ejes x, y y z. Su codificación es enviada a una computadora que convierte las tres posiciones en un gráfico en tonos de gris, obteniendo así imágenes estructurales del cerebro de una persona.

A.2. Origen de la señal *BOLD*

Mientras se están obteniendo imágenes del cerebro del participante se le pide que realice una tarea cognitiva. Tras la presentación de un estímulo, poblaciones de neuronas encargadas de su procesamiento aumentan su metabolismo, agotan sus reservas de oxígeno y envían señales químicas a los astrocitos para que éstos a su vez pasen señales

vasodilatadoras a los pericitos y células endoteliales que forman parte de los vasos sanguíneos a los cuales están adosados sus pies terminales (Koehler y cols, 2008; Filos y cols., 2015). Al dilatarse los vasos sanguíneos aumenta el flujo de oxihemoglobina, que libera el oxígeno y capta el dióxido de carbono, adquiriendo en el proceso propiedades paramagnéticas, es decir, se alinea con un campo magnético, que en este caso es B_1 (Huettel, 2004). Los cambios en la señal del campo magnético provocados por los de la oxigenación de la hemoglobina se conocen como efecto *BOLD* (*blood oxygen level dependent*, por sus siglas en inglés).

A.3. Procesamiento de las imágenes funcionales

Las imágenes de resonancia magnética están formadas por *voxels* (neologismo en inglés para *volume element*). Ya que tenemos las imágenes funcionales las podemos analizar para obtener mapas estadísticos asociados a cada condición experimental a la que fue expuesto el participante. Se hace probando qué tanto la información de la señal *BOLD* de cada *voxel* se ajusta al modelo lineal general por arriba de un nivel de azar decidido por el investigador. Después de esto se determinan los *voxels* que están contiguos y forman parte de un *cluster*. Este proceso requiere mucho poder de cómputo y es llevado a cabo por software especializados que muchas veces tienen programados los pasos a seguir. Uno de los más populares, y que utilizamos en este trabajo, es *FMRIB Software Library* (FSL) (Jenkinson y cols., 2012).

Una vez que se obtienen los mapas estadísticos de cada condición experimental se pueden hacer contrastes, lo cual es lo mismo que hacer una prueba t, para definir si hay diferencias estadísticamente significativas, en qué dirección (positiva o negativa) y en qué *voxels*.

El procedimiento se hace en niveles. En el primero se obtienen los mapas estadísticos de cada corrida en un participante. En el segundo se promedia la información de todas las corridas de un mismo participante, y en el tercero se vuelven a promediar, pero esta vez la de todos los sujetos, quedando promedios grupales de cada condición experimental y de cada contraste.

A.4. Visualización de resultados

Generalmente en los estudios cognitivos se reporta el promedio grupal de la condición experimental o contraste de interés. Para tal fin los mapas estadísticos se sobreponen a un espacio estándar, el cual es la imagen de un cerebro que fue obtenida después de tomar imágenes estructurales a determinada cantidad de participantes y promediando su señal. Uno de los más utilizados y al que también recurrimos nosotros es el espacio estándar del Instituto Tecnológico de Montreal, con 152 sujetos, de 2 mm de resolución.

Para ubicar espacialmente las áreas anatómicas también se usa un sistema de coordenadas. Los dos más utilizados son el de Talairach y Tournoux, y el del Instituto Neurológico de Montreal; nosotros empleamos el segundo.

Es importante anotar que no es correcto interpretar los *clusters* en donde hay significancia estadística como un reflejo de la activación de las redes neuronales que forman parte de esa región. Más bien lo que estamos viendo aquí es el reflejo de actividad neuronal y glial, gracias al aumento de la señal *BOLD*, que no mide actividad eléctrica sino flujo sanguíneo. Es por eso que tampoco podemos asegurar que una región que aumentó su metabolismo tiene un papel excitatorio o inhibitorio. Teniendo esto en consideración hay que mencionar que por convención se usa el término activación para referirse al aumento de actividad celular (o metabolismo) en una región determinada del cerebro, en respuesta a una condición experimental.