



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA**  
**CARRERA DE PSICOLOGÍA**

**ACTIVACIÓN HEMODINÁMICA CEREBRAL EN REGIONES  
FRONTALES, CÍNGULARES Y TEMPORALES DURANTE LA  
UTILIZACIÓN DE LA INTEGRACIÓN SEMÁNTICA EN UNA  
TAREADE *PRIMING* SEMÁNTICO MEDIADO**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
LICENCIADO EN PSICOLOGIA**

**P R E S E N T A:**

**KEVIN SALOMÓN MIRANDA ROMO**

**DIRECTOR: MTRO. RUBÉN TORRES AGUSTÍN**

**ASESOR: DR. FRANCISCO ABELARDO ROBLES ASESOR:**

**MTRO.MARTÍN PÉREZ MENDOZA**

**SINODAL: DRA. LILIA MESTAS HERNANDEZ**

**SINODAL: MTRA. LORENA IRAZUMA GARCIA MIRANDA**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA, CD. MX.**



**2023**



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.

## Agradecimientos

A mis padres que siempre me han impulsado a creer en mis sueños.

A mi hermana que siempre ha sido la mejor cómplice.

Para Arturo y Jesús por ser los mejores hermanos mayores que pude encontrar.

A mis amigos que me hacen este viaje más ameno y divertido.

A mi hermosa novia, por ser esa luz dentro y fuera de mi vida.

Al Mtro. Ruben y la Dra. Lilia Mestas, por ser esa fuente de inspiración y mis guías académicos.

“Vengo de la piel que tengo de ustedes,  
vengo de robar el ultimo clavel” (Piero)

## Índice

Resumen

Introducción

- I. Marco Teórico
  1. Memoria
    - i. Memoria semántica
    - ii. Modelos de procesamiento semántico
    - iii. Bases neurales del procesamiento semántico
  2. *Priming*
    - i. *Priming* Léxico
    - ii. Modelos
    - iii. Tipos de *priming* léxico
    - iv. *Priming* y SOA's
  3. *Priming* semántico y mediado
    - i. Medidas conductuales
    - ii. Potenciales relacionados a eventos
  4. Resonancia Magnética Funcional
    - i. *Priming* Semántico y *priming* mediado
- II. Planteamiento del problema
- III. Justificación
- IV. Método
  1. Pregunta de investigación
  2. Hipótesis
  3. Objetivos
  4. Variables
  5. Participantes
  6. Materiales
  7. Estímulos
  8. Procedimiento
- V. Resultados
- VI. Discusión
- VII. Conclusiones
- VIII. Referencias

## Resumen

El *priming* semántico mediado es la facilitación de un estímulo *target* debido a un mediador, que no es presentado físicamente, pero que ha sido previamente activado por un *prime*. Este efecto puede ocurrir mediante mecanismos automáticos o controlados, así como de manera prospectiva o retrospectiva. El objetivo de este estudio fue determinar la actividad hemodinámica cerebral de las regiones perisilvianas, dorsolaterales frontales, cíngulares y temporales inferiores durante el *priming* semántico mediado que ocurre a partir de mecanismos retrospectivos y controlados. Con este propósito, se creó una tarea de decisión léxica con un SOA de 800ms, una proporción de pares relacionados baja y una fuerza de relación mediador-target y prime-mediador baja. Se analizaron los tiempos de respuesta y el valor de la respuesta hemodinámica para cada región, así como el curso temporal de su activación mediante un ANOVA de medidas repetidas y un ANOVA de un factor respectivamente. No se obtuvo un efecto de *priming* mediado en los valores conductuales. El ANOVA de medidas repetidas no mostró diferencias significativas entre la respuesta hemodinámica de cada región. Sin embargo, se encontraron diferencias significativas en el ANOVA de un factor cuando el factor fue la condición. Se discute la importancia del tamaño de la muestra en investigaciones con RMf y se analizó cualitativamente la temporalidad de la respuesta hemodinámica según las regiones directamente vinculadas con la teoría.

## Introducción

La memoria es un proceso cognitivo de vital importancia para la supervivencia y el desarrollo biológico y ontológico del ser humano. Es por esto, por lo que la psicología ha mostrado profundo interés en su estudio, dando descubrimientos seminales. Actualmente, de la mano de los métodos proporcionados por la neurociencia cognitiva, se han buscado los correlatos neuronales de este proceso y todas sus categorías específicas, como la memoria semántica.

La memoria es un sistema neurocognitivo que se encarga de la codificación, almacenamiento y evocación de información previamente almacenada (Purves, 2007). La memoria semántica es una categoría específica de esta, en la cual se almacena información a largo plazo que se pueda expresar mediante el lenguaje. Conceptualmente es definida como un sistema organizado que guarda el conocimiento general que tenemos sobre los significados y referentes de símbolos verbales, es decir, es un tipo de memoria “necesaria para el procesamiento del lenguaje” (Tulving, 1972, p. 386).

Tradicionalmente se ha explorado la organización de la memoria semántica mediante las tareas de decisión léxica, utilizando estímulos relacionados semánticamente, mostrando en estos menores tiempos de respuesta y mayor exactitud en comparación a los pares que no tenían relación, este efecto es denominado como *priming semántico* (Meyer & Schvaneveldt, 1971). Otro tipo de *priming* que ha sido de utilidad para vislumbrar el desarrollo de la memoria semántica es el *priming* mediado. Este consiste en un efecto de facilitación de un *target* debido a una palabra mediadora que no es presentada físicamente, pero que ha sido relacionada por el *prime*. Por ejemplo, la facilitación en el procesamiento

de la palabra **rayas**, dada la presentación previa del *prime león* se debe a la palabra mediadora **tigre** (Sass, Krach, Sachs, & Kircher, 2009).

Estos efectos de facilitación en el procesamiento de las palabras, dada su distancia semántica fue muy importante y, por lo tanto, profundamente investigado mediante métodos conductuales, electrofisiológicos y de neuroimagen. Estos estudios han propuesto que ambos efectos pueden ser provocado por mecanismos automáticos y estratégicos; además de que puede ocurrir de manera prospectiva y retrospectiva (Jones & Estes, 2012).

El presente estudio tiene como objetivo determinar las estructuras cerebrales que se activan cuando el *priming semántico mediado* ocurre mediante mecanismos estratégicos, utilizando para esto una tarea de decisión léxica con SOAs largos y con una menor proporción de pares relacionados con respecto a los no relacionados y pseudopalabras.

## Marco Teórico

### Memoria

La memoria es uno de los procesos psicológicos más investigados dada su importancia para el desarrollo y la adaptación de las personas en su medio ambiente. El poder recibir información del medio externo, poder manipularla con base en objetivos personales, almacenarla y posteriormente evocarla en eventos futuros, es de suma importancia para la supervivencia de los seres humanos y el no hacerlo de manera adecuada produce alteraciones en la vida de las personas. Gran parte de la información que se tiene de este proceso es resultado de la investigación de pacientes con daño cerebral o con enfermedades neurodegenerativas.

Puede definirse a la memoria como un sistema neurocognitivo que se encarga de la codificación, almacenamiento y evocación de información previamente almacenada (Purves, 2007). Partiendo de esta definición, podemos argumentar que la memoria es un conjunto de estructuras del sistema nervioso central, que al trabajar de manera coordinada generan un proceso. Este proceso inicia con el registro y la codificación de información proveniente del exterior (inputs), que se almacena y se utiliza (evoca) según las demandas ambientales presentes o futuras.

Para facilitar la comprensión de cómo funciona este sistema los investigadores lo han dividido en componentes con características y funciones bien definidas. A pesar de que aún no existe un consenso, podemos encontrar en las diferentes descripciones dos parámetros principales que guían la clasificación de la memoria, la duración de la



información almacenada (temporalidad) y el tipo de información que se almacena (contenido).

Portellano (2005) establece dos grandes modalidades de memoria según su temporalidad de almacenamiento: memoria a corto plazo (MCP) y memoria a largo plazo (MLP). Según este autor la MCP retiene la información en un breve espacio de tiempo que va de algunos segundos hasta varios minutos, esto con el objetivo de modular los cambios fisiológicos necesarios para su almacenamiento en la memoria a largo plazo. La MCP se divide en: a) La memoria sensorial (MS), b) La memoria inmediata (MI), y; c) La memoria de trabajo (MT).

La MS se encarga de retener información de los estímulos que ingresan a través de los órganos sensoriales por fracciones de segundo, con el fin de que se puedan reconocer o comience la participación de la MLP. La MI por su parte es un subsistema de almacenamiento y recuperación con duración de varios segundos que permite analizar la información sensorial en áreas cerebrales específicas. Por último, la MT será fundamental para el procesamiento cognitivo, ya que nos permite almacenar por periodos de hasta minutos la información, posteriormente manipularla y coordinarla para realizar varias actividades de manera simultánea.

A cerca de la MLP, Portellano la define como la capacidad de retener información durante periodos más prolongados de tiempo o incluso almacenarla de manera permanente para evocarla cuando se requiera. Se divide principalmente en declarativa (o explícita) y no declarativa (o implícita). La memoria no declarativa es aquella que no se evoca de manera consciente, y participa en funciones motoras automatizadas, procesos de condicionamiento

clásico y algunos tipos de *priming*. Por otra parte, la memoria declarativa es aquella que se evoca de manera consciente y se subdivide en memoria episódica, memoria semántica.

Rains (2004), por ejemplo, también parte de la temporalidad de almacenamiento y del contenido de la información almacenada para establecer su clasificación sobre la memoria. Sin embargo, profundiza en explicar la importancia de la memoria de trabajo, argumentando que se puede situar en parámetros temporales y de contenido, ya que, si bien mantiene la información activa por un periodo breve de tiempo, el contenido de esta información puede ser tanto explícita como implícita.

Este autor a diferencia de Portellano argumenta que la MT se sirve de la MCP dado que esta última solo procesa información explícita. Partiendo de este punto nos dice que la MT posee dos componentes que están interactuando, uno que llama espacio de trabajo y otro que denomina funciones ejecutivas. El espacio de trabajo es un almacén general (multimodal) donde convergen los inputs de los diferentes sistemas sensoriales y de la MCP, además de la información implícita y explícita almacenada con anterioridad. El componente de funciones ejecutivas va a regular y coordinar la información del espacio de trabajo, recuperando la información necesaria (de la memoria semántica, episódica y procedimental) y retroalimentándose de manera continua.

Investigaciones recientes en las que se han utilizado técnicas de neuroimagen, han dotado de una mayor descripción a las clasificaciones anteriormente mencionadas, incluyendo estructuras específicas del sistema nervioso, las cuales tienen una mayor activación según el tipo de información que procesen. Andover-Roig, Muñoz, Sánchez-Cubilo, & Miranda (2014) en una recopilación sobre la neurobiología de la memoria y el aprendizaje, muestran evidencia sobre la activación diferenciada de estructuras cerebrales

cuando se procesa información de alguno de estos componentes de la memoria. Los autores argumentan que la habilidad de las neuronas para conectarse con otras está bien representada en el principio de Hebb, el cual nos indica que, si una neurona presináptica y otra postsináptica se activan juntas de manera continua, estas tienden a asociarse, quedando una predispuesta a la activación de la otra. Este mecanismo es muy importante dado que las neuronas cuando se asocian forman grupos que se activan al procesar algún estímulo. Si la activación de las agrupaciones neuronales rebasa un umbral, se va a formar una huella de memoria en la MLP. Este proceso es conocido como la hipótesis de la huella dual. La información que procesan las agrupaciones neuronales está determinada por las áreas funcionales de la corteza cerebral.

Las áreas primarias van a recibir información de los sistemas sensoriales (auditivo, visual, somatosensorial) y enviarán esta a las áreas secundarias (que procesan información unimodal) y terciarias (procesan información multimodal), también llamadas áreas de asociación, donde ocurren los procesos de percepción (Carlson, 2014). La formación hipocampal (hipocampo, corteza dentada y subículo) va a recibir la información procesada por las áreas de asociación y la va a enviar al hipocampo, el cual va a consolidar esta información, es decir, va a hacer que pase de la memoria a corto plazo a la memoria a largo plazo, para finalmente enviarla de nuevo a las áreas en las que se originó el proceso y almacenarla (Andover-Roig et al., 2014). Según estos autores la memoria implícita tiene como base algunas estructuras subcorticales, por ejemplo, el cerebelo y la amígdala son estructuras que se activan de manera acentuada y diferenciada de otras en procesos de condicionamiento clásico, mientras que ambas estructuras en conjunto con los núcleos de la base se activan para la memoria procedimental.

La memoria declarativa o explícita (memoria episódica y semántica) va a ser dependiente de la activación del hipocampo. El contenido de ambas se va a almacenar por toda la corteza cerebral (según sus áreas funcionales de la corteza cerebral), sin embargo, mientras que para la memoria episódica y espacial van a participar principalmente estructuras del lóbulo temporal medial, como lo son la corteza parahipocámpal y entorrinal, la corteza perirrinal es fundamental para la memoria semántica.

En el apartado siguiente se centrará en detallar el procesamiento en la memoria semántica, algunos modelos explicativos y sus bases neuronales.

#### Memoria semántica y episódica

Uno de los principales autores que se encargó de investigar la memoria declarativa, centrándose en el tipo de información que se procesaba fue Endel Tulving. Este autor fue uno de los primeros en hacer la diferencia entre memoria semántica y episódica, proponiendo que, si bien son sistemas que interactúan, las características en la información que almacenan son diferentes.

La memoria episódica es un sistema que almacena eventos o episodios con sus características temporales y espaciales al momento de su adquisición, en este tipo de memoria se almacenan los recuerdos de momentos significativos para las personas. La memoria semántica, por otro lado, es un sistema de memoria organizado que guarda conocimiento general que tenemos sobre los significados y referentes de símbolos verbales, es decir, es un tipo de memoria “necesaria para el procesamiento del lenguaje” (Tulving,

1972, p. 386). Mientras que en el sistema de memoria semántica se almacena información que percibimos desde nuestra infancia a través de nuestros sentidos, para posteriormente irse consolidando y organizando, generando así los significados que le damos a las palabras, objetos y a eventos, la memoria episódica almacena solo los detalles espaciales de los lugares y momentos en los que experimentamos sucesos que recordamos cotidianamente.

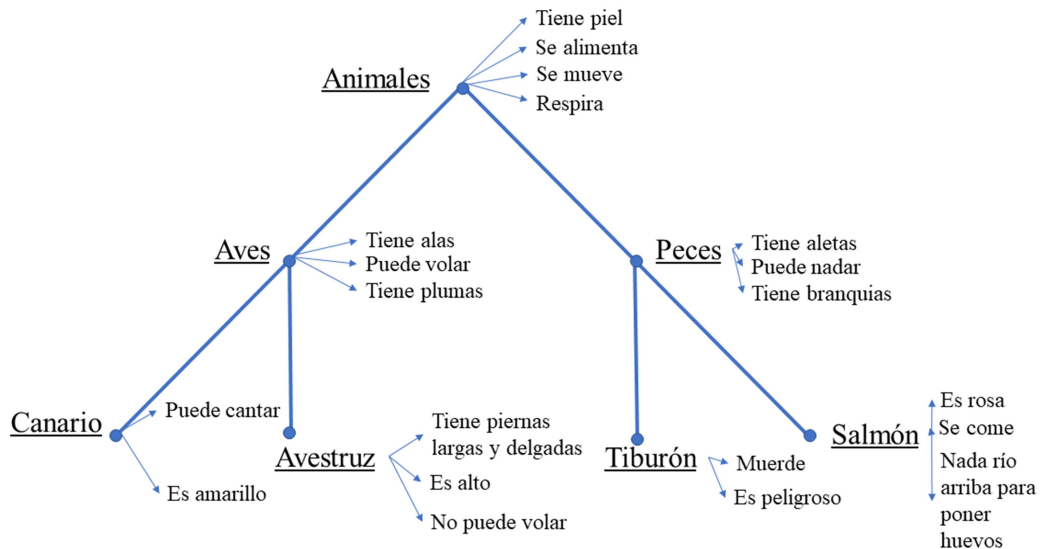
Dentro de la psicología cognitiva han surgido una serie de modelos que intentan explicar la manera en que se organiza el conocimiento semántico. Tres han sido los más influyentes y seminales dentro de la teoría, influenciando modelos neurocognitivos y conexionistas: el Modelo de Redes (Collins & Quillian, 1969); el Modelo de Comparación de Rasgos (Smith, Shoben, & Rips, 1974) y el Modelo de Prototipos (Rosch, 1975).

#### Modelos de procesamiento semántico

El Modelo de Red realizado por Collins y Quillian (Collins & Quillian, 1969) propone que cada palabra o concepto se almacena de manera jerárquica en una serie de nodos interconectados y que cada nodo guarda una serie de indicadores que crean el significado de la palabra (ver Figura 1). Por ejemplo, según este modelo, la palabra “canario” se guarda con los indicadores “es un ave amarilla que puede cantar”, estos refieren que “canario” se define con el indicador “ave, nombre de su categoría o *supraeset* y con dos características específicas: es amarillo y puede cantar.

**Figura 1.**

*Modelo de Red*



*Nota:* La figura muestra la organización jerárquica de la memoria semántica según el modelo de red propuesto por Collins & Quillian. Adaptado de *Retrieval time from semantic memory* (p. 241), por Collins & Quillian, 1969, *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 8(2).

La manera experimental en la que comprobaron dichos postulados fue por medio de una tarea de verificación de oraciones en las cuales tenían que decidir si las oraciones presentadas eran verdaderas o falsas. Las oraciones presentadas cumplían con características de “propiedades de nodo”, p.ej. “El canario es amarillo”; “El canario puede volar”; “El canario tiene piel”. Y oraciones “suprasent”, p.ej. “El canario es un canario”; “El canario es un ave” y “El canario es un animal”.

En las oraciones de “propiedades de nodo” se nota que las propiedades van incrementando el nivel de jerarquía, es decir, según este modelo el nodo más cercano a “canario” es la propiedad “es amarillo”, en un nivel superior se encontraría “puede volar”

debido a que es una propiedad general del nodo “aves”, y finalmente “tiene piel” es una propiedad aún más general que se encontraría en el nodo “animales”. Este mismo procedimiento se realizó con las oraciones “supraset”. El propósito de dichas tareas experimentales fue comprobar la organización de la memoria semántica mediante los tiempos de reacción (TR) de las oraciones (confirmar si son verdaderas o falsas), es decir, oraciones en las que el nodo sea más cercano a su propiedad o a su “supraset” serán procesadas con mayor velocidad que las que mantienen una distancia más larga (p.ej. en oraciones de propiedad “el canario es amarillo” será procesada más rápido que “el canario tiene piel” y en oraciones “supraset” “El canario es un canario” será procesada más rápido que “El canario es un animal”), lo que se verá reflejado en su TR. Dichos postulados fueron confirmados satisfactoriamente.

En este modelo se han encontrado una serie de limitaciones, primero, no explica las variaciones en los tiempos de reacción según los efectos de tipicidad, este efecto hace referencia a lo típico que es un referente dentro de una categoría. Por ejemplo, cuando se contrastan oraciones como “El gorrión es un ave” y “el pingüino es un ave” los tiempos de reacción son más rápidos para la primera oración, cuando deberían ser iguales debido a la distancia entre las propiedades de nodo y los *suprasets*. En este caso la palabra “gorrión” es más típica dentro de la categoría “ave” que la palabra “pingüino”.

Segundo, también se encontraron TR inconsistentes según la jerarquía de *suprasets*, por ejemplo, la oración “La vaca es un animal” tendría TR más lentos que la oración “La vaca es un mamífero”, ya que “mamífero” sería un *supraset* más cercano que “animal”, pero ocurre lo contrario, la primera oración presenta TR más rápidos.

Por último, los tiempos de reacción en oraciones falsas también son inconsistentes, por ejemplo, se esperaría que en las oraciones “Un pino es una iglesia” y “Un pino es una flor”, al no coincidir con la búsqueda en alguno de los nodos superiores se daría una respuesta negativa y tardaría el mismo tiempo, pero no ocurre de esta manera, la oración “Un pino es una flor” al contener información parecida al nodo “pino” tomaría más tiempo en provocar una respuesta negativa.

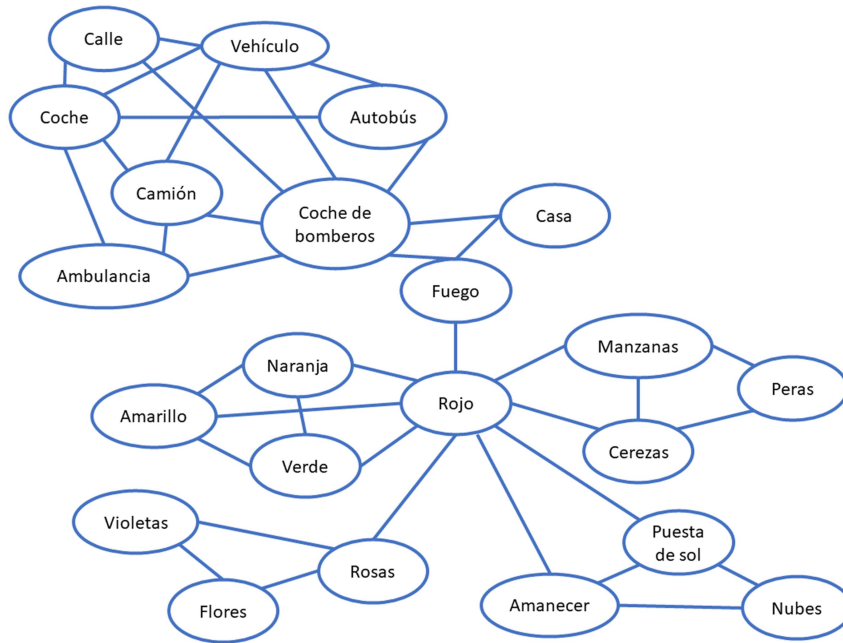
#### Principio de la propagación de la activación

Las limitaciones encontradas en el modelo redes y las críticas hechas por los contemporáneos hicieron que se realizara una revisión en 1975. Planteando una reorganización del almacenamiento en los nodos. Mantienen la idea de que cada nodo está interconectado mediante enlaces y estos (nodos y enlaces) forman conglomerados o *clusters* que expresan el significado de los conceptos, pero ahora los *clusters* no se organizan de manera jerárquica, sino mediante la fuerza de los enlaces (ver Figura 2) Si los conceptos poseen una asociación fuerte, es decir, coocurren con más frecuencia en sus contextos de desarrollo, se encuentran más cercanos y el enlace que los une es más fuerte, propiciado así que la activación de un nodo se propague hacia los nodos más cercanos en un proceso que se llama *propagación de la activación* (Collins & Loftus, 1975). De esta manera el modelo toma un carácter más flexible, considerando los efectos de tipicidad, y encuentra evidencia contundente en el efecto de *priming* semántico.



**Figura 2.**

*Modelo de red y el principio de propagación de la activación.*



*Nota:* La ilustración muestra el modelo de redes modificado por el principio de propagación de la activación, sin jerarquías, con diferentes distancias y fuerzas de enlaces entre palabras. Adaptado de *A spreading-activation theory of semantic processing* (p. 412), por Collins & Loftus, 1975, *Psychological Review*, 82(6).

### Modelo de rasgos

Posterior a la creación del modelo de redes, muchos investigadores interesados en el tema de la memoria semántica se dieron a la tarea de comprobar los supuestos empíricos encontrados por Quillian, creando a partir de sus debilidades, teorías que plantean otra manera de organización y procesamiento semántico. Una de ellas, es la teoría de comparación de rasgos y toma como referencia los modelos teóricos de conjuntos.

La teoría de comparación de rasgos (Smith et al., 1974) explica principalmente que los significados están representados en nuestra memoria como un conjunto de características semánticas, es decir, al procesar alguna palabra su significado está representado mediante una lista de rasgos ordenados que guardan valores llamados primitivos semánticos (imágenes, atributos, nombres de *subsets*, *supersets* o mezclas de estos) y expresan información básica y esencial para describir la palabra de referencia. En la lista de rasgos se tendrán primero aquellos que son indispensables para la definición de la palabra, estos son llamados **rasgos definitorios** y posteriormente están aquellos que solo son atributos particulares del estímulo que se está procesando, estos son llamados **rasgos característicos**. Por ejemplo, la palabra petirrojo está representada por rasgos definitorios como tener plumas, poner huevos, ser bípedos y rasgos característicos como, volar, anidar en árboles, tener plumas rojas.

Después de argumentar la manera en que se guarda el significado de los conceptos u objetos, se adentraron a explicar como ocurre el procesamiento de esta información, tomando como referencia los experimentos de comprobación de oraciones y el modelo teórico de Meyer (Meyer, 1970) creando así su modelo de procesamiento en dos etapas.

En la primera etapa se recuperan los conjuntos de rasgos definitorios y característicos tanto del sustantivo como del predicado y se comparan. Si comparten un gran número de rasgos (p, ej: “El petirrojo es un ave) la oración es comprobada como verdadera de forma rápida, pero si en la oración el sustantivo y el predicado no comparten rasgos (p, ej: “El perro es un mueble”) entonces es comprobada como falsa de manera rápida, ya que el procesamiento no superará la primera etapa de procesamiento.

En caso de que tanto el sujeto como el predicado compartan un número intermedio de rasgos (p.ej: en la oración “Un pingüino es un ave”), será necesario pasar a la segunda etapa, en la cual solo se comparan los rasgos definitorios (tiene plumas, pone huevos, es bípeda) del sujeto y el predicado. Si todos estos rasgos coinciden se responde con verdadero y si solo algunos coinciden se responde negativamente.

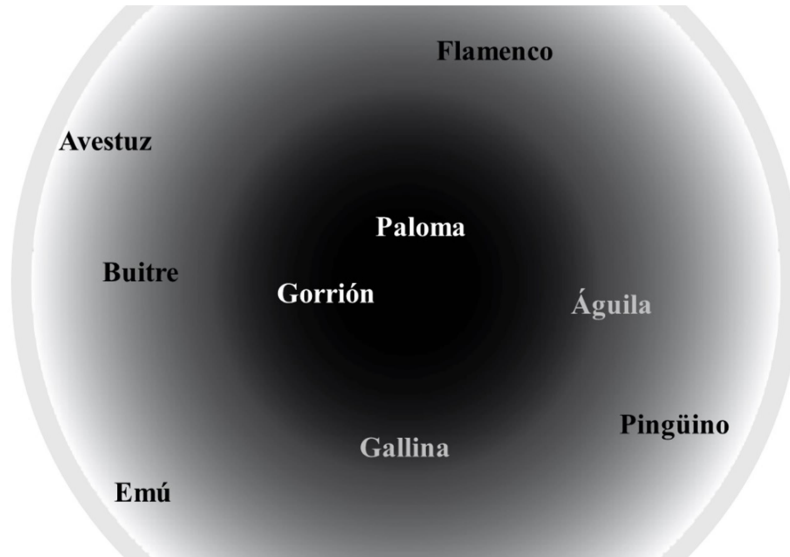
Los tiempos de reacción en la verificación de oraciones que se procesen en la primera etapa van a ser menores que las oraciones que requieran las dos etapas. Estos tiempos de reacción van a ser fundamentales, ya que, según los autores de esta teoría además de darnos información sobre el procesamiento de la información semántica, nos dará información sobre la estructura básica de la memoria semántica.

#### Modelo de prototipos

Este modelo surge a partir de los estudios de Eleanor Rosch (1973, 1975) y parte de la idea de que las categorías naturales tienen un “prototipo” que abstrae la mayoría de las características perceptuales encontradas con más frecuencia en sus ejemplares, y que estos prototipos guían la organización de los conceptos, por ejemplo, el prototipo estaría en el centro de la categoría natural y a su alrededor los ejemplares organizados de acuerdo a las características que comparten con el prototipo, ejemplares con más características similares estarían más cercanas al centro prototípico y los que comparten menos características estarían más alejados (ver Figura 3).

### Figura 3.

#### *Modelo de prototipos*



*Nota:* Adaptado de *Psicología del Lenguaje* (p. 229), por F. Cuetos, 2015, Editorial Medica Panamericana.

La imagen muestra cómo se organizaría la categoría natural “aves” según el modelo de prototipos. Más próximas al centro estarían los ejemplares “paloma” y “gorrión”, ya que cumplen con la mayoría de las características del prototipo de la categoría (“tiene alas”, “vuela”, etc.) y por ende serán más típicos. Más lejanos al prototipo se encuentran ejemplares que no comparten tantas características con el prototipo, en este caso “emú” y “pingüino”. Este efecto de tipicidad afecta de manera directa el procesamiento semántico, ya que los ejemplares más típicos serán procesados con mayor rapidez (Cuetos, Gonzales, & Vega, 2003). Otros aspectos para considerar es que en este modelo los límites entre categorías serán difusos, es decir, existen ejemplares que estarían entre los límites de dos categorías, por ejemplo, jitomate se encuentra entre las categorías “frutas” y “verduras” (Cuetos et al., 2003).

Además, este modelo acorta la estructura jerárquica hecha por Quillian (1969) en tres niveles: el nivel básico que guardaría conceptos básicos que se diferencien entre sí como “gato”, el nivel superordinado o su categoría semántica “animal” y el nivel subordinado que tendría características específicas del nivel básico “persa” (Rodríguez-Ferreiro, 2012).

Bases neuronales del procesamiento semántico.

Como se ha mencionado, las teorías de la psicología cognitiva han intentado demostrar la organización de los significados que tenemos sobre los objetos, principalmente mediante medidas conductuales. El avance de la tecnología en los métodos de investigación dentro de dicho enfoque ha brindado técnicas cada vez más sofisticadas, como lo son las técnicas de neuroimagen y electrofisiología. A partir del uso de estas han surgido nuevas teorías e hipótesis que toman en cuenta tanto la organización como la ubicación de los significados, formulando así teorías cada vez más complejas, que explican de manera satisfactoria y específica los datos que se habían reportado con los métodos tradicionales.

Antes de las técnicas mencionadas, la mayoría de las investigaciones se realizaban con pacientes con lesión o daño cerebral, dichas investigaciones concluyeron de manera principal que al menos dos regiones cerebrales que juegan un rol crítico en la memoria semántica, la corteza prefrontal izquierda (CPF<sub>i</sub>) y el lóbulo temporal izquierdo. Mientras que los daños en la CPF<sub>i</sub> producían dificultades en la recuperación de palabras, tareas de fluidez categorial y tareas de evocación de palabras con alguna consonante específica de inicio, los daños en el lóbulo temporal izquierdo producían dificultades en las tareas de denominación de objetos (Martin & Chao, 2001).

Ahora, gracias a la aplicación de las técnicas de neuroimagen a las metodologías de investigación se han obtenido un conocimiento más específico sobre la manera que interactúan dinámicamente estas regiones cerebrales y se ha propuesto que la memoria semántica depende de una red neuronal amplia que se distribuye por varias regiones de la corteza cerebral, en la que se involucra el lóbulo temporal izquierdo (zonas ventrales: giro fusiforme; y laterales: circunvolución media e inferior), el lóbulo parietal (circunvolución angular), y el lóbulo frontal (zona opercular). Estas regiones se activan de manera diferenciada de acuerdo con los contenidos semánticos y tareas que se evalúen (denominación, decisión semántica, lectura, fluidez categorial, y emparejamiento semántico).

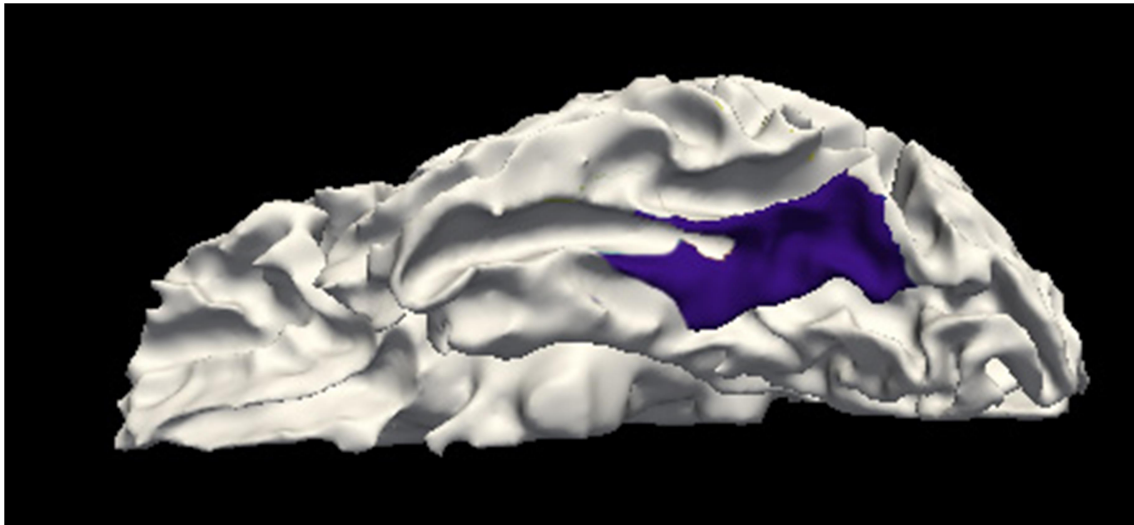
Un ejemplo de lo mencionado anteriormente son las investigaciones que se han enfocado en el procesamiento de categorías semánticas diferentes (seres vivos versus seres inanimados). Estas investigaciones han sido influyentes dentro del campo para entender de qué manera se da el procesamiento semántico, y sus conclusiones han sido consistentes.

Según estas, para el procesamiento de seres vivos (p, ej. la imagen de un jaguar o su etiqueta léxica “jaguar”) se activa principalmente el giro fusiforme del lóbulo temporal izquierdo (ver figura 4), mientras que, para el procesamiento de seres inanimados (p, ej. la imagen de un martillo o su etiqueta léxica) se activa principalmente la circunvolución media del lóbulo temporal izquierdo. La activación de dichas áreas apoyaría la teoría sensorio-funcional, en la que se explica que dependiendo de las cualidades de los objetos son las regiones cerebrales que más se activan, las regiones ventrales se asocian con el procesamiento de características visuales, las cuales predominarían en los seres vivos; en este caso en las imágenes de un jaguar o en su etiqueta léxica, y las regiones laterales con

las características funcionales las que predominarían en herramientas u objetos que se asocian con acciones, en este caso la imagen o la palabra “martillo” (Rodríguez-Ferreiro, 2012).

**Figura 4.**

*Giro fusiforme*



*Nota:* La figura muestra una vista ventral del hemisferio izquierdo, donde se puede observar el giro fusiforme de color azul rey.

A partir de estos resultados se han derivado un número importante de investigaciones que proponen variantes de estos experimentos y que han encontrado que también se activan zonas cercanas a procesos similares, por ejemplo, cuando se leen palabras de objetos manipulables, como un desarmador, se activan áreas cercanas a las que se activan cuando se manipula dicho objeto (Martin & Chao, 2001).

Si bien estos modelos y las tecnologías contemporáneas intentan explicar la manera en que se organiza y se procesa la información léxico-semántica a través de diferentes tareas experimentales, el modelo de redes de Quillian con su principio de *propagación de*

*la activación* se ha consolidado como uno de los referentes en la actualidad y ha adquirido relevancia en la explicación de efectos de la memoria semántica, por ejemplo, el efecto de *priming léxico*.



## *Priming*

Según Tulving & Schacter (1990) un efecto de *priming*, de manera general, es la facilitación en la identificación de un objeto como consecuencia de la exposición específica previa a otro. Este efecto de facilitación se va a observar en las medidas conductuales de los participantes ante una tarea experimental, por ejemplo, el tiempo de respuesta será menor y la respuesta más exacta si a un estímulo objetivo (*target*) le precede uno relacionado (*prime*) en alguna condición.

Ellos explorando la naturaleza del este efecto dentro de los sistemas de memoria, obtuvieron un *priming* en tareas donde se evalúa información tanto en la memoria declarativa como en la no declarativa, es decir, en estímulos verbales (palabras, pseudopalabras) y no verbales (caras, formas e imágenes). Concluyendo que este efecto es producto de las características de la información almacenada y su organización, tanto en los sistemas de memoria sensoriales, como en los sistemas de información donde se procesan contenidos más complejos, como en la memoria semántica. Es importante tomar en cuenta que en los años que se realizó dicha investigación, prevalecía la idea de que el procesamiento cognitivo era modular, es decir, había ciertos módulos encargados de procesar la información de manera serial y dicha información se iba complejizando de manera paulatina.

Actualmente se sugiere que el efecto de *priming* ocurre debido a que cuando se procesa un *prime* se activa una huella de memoria, si posteriormente se presenta un estímulo relacionado ya sea física o conceptualmente, se activa gran parte de esta misma huella de memoria con algunas variantes, por lo tanto, es más fácil de procesar (Andover-Roig et al., 2014).

El *priming* se ha convertido en un fenómeno muy estudiado en el área de la psicología cognitiva, debido a su naturaleza, ya que refleja la organización de la información almacenada en la memoria declarativa y no declarativa, además de que el investigador puede explorarlo sin que el participante sea consciente de ello. Estas bondades han sido de particular interés específicamente en el estudio de la psicolingüística, lo cual ha llevado al uso del término *priming* léxico.

### *Priming* Léxico

Se denomina *priming* léxico cuando se explora el efecto de facilitación mediante el uso de estímulos verbales que depende de su contexto lingüístico, dentro de este tipo de *priming* podemos encontrar el semántico, el mediado, fonológico, el de repetición, el temático y el sintáctico (Jones & Estes, 2012).

Con el paso de los años el *priming* léxico se ha explorado a mayor profundidad, utilizando diversas tareas como las de decisión léxica, tareas de denominación, tareas de identificación perceptual o de decisión semántica; utilizando estímulos verbales presentados de manera visual o de manera auditiva, y afinando criterios metodológicos más específicos que influyen de manera importante en los resultados obtenidos.

Dados los intereses particulares de esta investigación es importante explicar la tarea de decisión léxica, así como algunas de las variables principales que pueden sesgar los datos obtenidos. En una tarea de decisión léxica (TDL) estándar se presenta el *prime* y el *target* de manera secuencial y se responde, después de la palabra *target*, si los estímulos presentados son palabras o no palabras. La TDL doble consiste en presentar al sujeto el par de palabras simultáneamente y que indique si estas son ambas palabras o no palabras.

Finalmente, la TDL continua se presentan los estímulos de manera individual y a cada uno se responde si es una palabra o una no palabra. El saber que tarea utilizar dependerá de los fines de la investigación, debido a que pueden propiciar que el efecto de *priming* ocurra mediante mecanismos de procesamiento diferentes (Jones & Estes, 2012).

La **asincronía de inicio del estímulo** o **SOA** (por sus siglas en inglés *stimulus onset asynchrony*) se refiere al intervalo de tiempo que va desde el inicio de la presentación del primer estímulo, hasta el inicio del segundo estímulo. En el *priming* léxico se asocia comúnmente con el tipo de procesamiento que se ocurre, por ejemplo, si se utilizan un **SOA corto** (< 300ms) el procesamiento se realiza de manera automática mediante el principio de la propagación de la activación. En cambio, sí se utiliza un **SOA largo** ( $\geq$  1000ms), dado que existe más tiempo de análisis, permite que ocurra un procesamiento mediante mecanismos estratégicos (Jones, 2012; McNamara, 1994; Neely, 1977).

Otra variable que es de suma importancia considerar, son las proporciones entre los estímulos que se van a utilizar, ya que provocan alteraciones en los efectos de *priming* obtenido. Dentro de estas tenemos **la proporción de relación**, que se refiere al porcentaje total de pares *prime-target* relacionados semánticamente dentro de la TDL y **la proporción de no palabra**, en la que se mide la probabilidad de que a un *prime* le siga una “no palabra” cuando el par *prime-target* no estén relacionados. Ambas registran incrementos en los efectos de *priming* dado que propician el empleo de procesos estratégicos por parte de los participantes (Neely, Keefe, & Ross, 1989).

Modelos de *priming* léxico

El *priming* léxico no es un fenómeno simple, ya que, al producirse en un sistema en el cual interaccionan mecanismos lingüísticos con sus propias particularidades de organización y de procesamiento, existen un número importante de variables que puedan estar sesgando nuestra percepción sobre el fenómeno que se intenta explicar. Para poder explicar de manera completa este efecto se han creado una serie de modelos que describen como puede ocurrir. Estos se han clasificado en dos vertientes: según la **direccionalidad** del efecto y su **control**.

La direccionalidad del efecto hace referencia al flujo de activación en el efecto de facilitación, existen modelos que argumentan que el *priming* puede ocurrir de manera **prospectiva**, es decir, que la presentación del *prime* pre-activa al *target*, aumentando la rapidez de su reconocimiento. Dentro de estos modelos se encuentra el de redes (*Spreading Activation*), el modelo ACT y el de Expectativa (*Expectancy*). Por otro lado, están los modelos que argumentan que el efecto de facilitación ocurre hasta la aparición de la palabra *target*, en estos modelos la facilitación es **retrospectiva**, ya que, hasta la presentación del *target* se establece una relación con el *prime* y ocurre la facilitación. El modelo ACT, el modelo de emparejamiento semántico (*Semantic Matching*), y el de señal compuesta (*Compound cue*) se consideran retrospectivos (Jones & Estes, 2012).

El control, a su vez, refiere el grado en que los participantes son conscientes del proceso. En este factor están los modelos que postulan que el efecto se da de manera inconsciente para el sujeto, estos son llamados **automático** y parten del principio de la propagación de la activación, dentro de ellos se encuentran el modelo de redes y el modelo ACT. Por otro lado, se encuentran los modelos **estratégicos**, que argumentan que el *priming* léxico se puede dar debido a que él sujeto controla de manera consciente los

requerimientos de la tarea experimental, en ellos encontramos el modelo de expectativa, el de emparejamiento semántico y el modelo de señal compuesta (Jones & Estes, 2012). A continuación, se abordarán dichos modelos.

#### Modelos de propagación de la activación

Existen dos modelos que utilizan los principios básicos de la propagación de la activación, el modelo de Quillian, Collins y Loftus y el modelo ACT (*Atomic Components of Thought*) postulado por Anderson.

Como se hizo mención en el capítulo 1, el modelo de Quillian, Collins y Loftus (Collins & Loftus, 1975; Collins & Quillian, 1969) parte de la premisa de que la memoria está organizada en una forma de red con nodos que almacenan las representaciones léxicas y semánticas de la palabra evocada, y estos están interconectados. Cuando se da el proceso de recuperación de una palabra, se activa el nodo correspondiente según el tiempo en que este sea procesado y dicha activación se propaga a los nodos fuertemente interconectados, provocando así la facilitación en la recuperación de la palabra *target*. Este modelo explica el efecto de *priming* de manera prospectiva, ya que la propagación de la activación viaja de la palabra *prime* y pre-activa la palabra *target*.

En una revisión realizada por Rattcliff y McKoon en 1981 y 1988 (McNamara, 1992b) se encontró evidencia que podría modificar el modelo de redes y el principio de propagación de la activación haciéndolo más parecido al postulado en el modelo ACT de Anderson. Dicha evidencia señala que la propagación de la activación es muy rápida y no perdura incluso después de que el nodo es procesado, además de que disminuye antes de los 500ms. Esto apoya la premisa de que el principio de propagación de la activación dentro

del modelo de redes sea categorizado como automático, ya que, no es un proceso que el sujeto provoque de manera consciente y dura muy poco tiempo.

El modelo ACT (Anderson, 1983) es un modelo que describe la organización de la memoria declarativa, cómo se almacena la información y como se recupera. Según Anderson la memoria declarativa se organiza en una red de unidades cognitivas (nodos y sus relaciones) en las que se encuentran organizadas las proposiciones y, cuando se codifica o recupera alguna parte de la unidad, se codifica o recupera la unidad completa.

El efecto de *priming* según este modelo, ocurre debido a que la activación del *prime* se propaga a todos los nodos relacionados, entre ellos el *target*, de manera extremadamente rápida y cuando se activa el nodo *target* la activación regresa al nodo *prime* hasta alcanzar un nivel asintótico. Además, también añade que el nivel de la activación del nodo va a estar dado por el foco de atención del sujeto, por lo tanto, si el foco atencional cambia la activación decae de manera rápida.

Debido a que el procesamiento en estos modelos ocurre de manera automática se considera usar pruebas como la de denominación y TDL continua, además de utilizar SOA menor a 400ms (Jones & Estes, 2012; McNamara, 2005).

#### Modelo de señal compuesta (*Compound Cue*)

El modelo de señal compuesta (*compound cue model*) es creado como una alternativa a los modelos de la propagación de la activación, se enfoca en explicar cómo se recupera la información del sistema de memoria en el efecto de *priming* léxico. Es importante mencionar que este modelo debe ser utilizado desde el marco de referencia de alguna teoría

de memoria si se desea hacer predicciones sobre la recuperación de información (McNamara, 2005).

Según este modelo desarrollado por (Ratcliff & McKoon, 1988) el efecto de facilitación no se da debido a la propagación de la activación que va del *prime* al *target*, en su lugar proponen que se da gracias a que el par de palabras se recupera del sistema de memoria como una señal compuesta, es decir, la familiaridad o coocurrencia del par de palabras propicia que se recuperen juntas. La familiaridad estará dada por la fuerza de conexión de la señal y los ítems en la memoria.

De esta manera el *priming* en el modelo de señal compuesta se daría mediante un procesamiento post-léxico o retrospectivo, dado que el efecto de facilitación dependería de la aparición de la palabra *target*. Por ejemplo, en una TDL en la que se presente la palabra perro (*prime*) y gato (*target*), el par perro-gato sería la señal compuesta que se contrastaría en el sistema de memoria y según la familiaridad que tengan estos, influenciará el tiempo de respuesta del participante. Desde este modelo se espera que para palabras que son más familiares o que tienen mayor fuerza de conexión los tiempos de respuesta sean menores que para palabras que tengan una familiaridad baja.

#### Emparejamiento semántico (*Semantic Matching*)

El modelo de emparejamiento semántico o *semantic matching model* en inglés, propone que el efecto de *priming* semántico en una tarea de decisión léxica ocurre debido a un sesgo, es decir, cuando el sujeto encuentra una relación entre la palabra *prime* y el *target* estará predispuesto a responder que el *target* es una palabra, de otra manera, si el sujeto no encuentra una relación entre la palabra *prime* y el *target* estará predispuesto a responder

que la palabra *target* es una no palabra (Neely et al., 1989). A este proceso mediante el cual se busca una relación semántica se le denomina *semantic matching* (Neely, 1977).

En una revisión hecha por Jones (2010) se reportó que un efecto de *priming* mediado puro atribuido al proceso de emparejamiento semántico (*semantic matching*), aparece en un SOA de 300ms o menos, e incluso se pueden mantener hasta con un SOA de 1500ms, un factor fundamental para esto es que el par de palabras *prime* y *target* sean muy similares, considerando sus referentes visuales (p, ej. tenis y zapato). Cuando los referentes visuales de las palabras no son tan similares solo reportan efectos de facilitación utilizando SOAs largos.

#### Expectativa (*Expectancy*)

La expectativa es un proceso tomado en cuenta por diferentes modelos, este permite que el participante genere un conjunto de palabras *target* relacionadas semánticamente (*expectancy set* o *semantic set*) después de la presentación de la palabra *prime*, en la tarea de decisión léxica.

Dentro del modelo de verificación de Becker (Becker, 1980), se plantea que el efecto de *priming* semántico va a ocurrir debido a que la palabra *target* se encuentra dentro del conjunto de palabras relacionadas semánticamente generadas por el *prime*. Según esta perspectiva el *prime* se daría de manera prospectiva y de manera estratégica, ya que, es un recurso generado de manera consciente por los participantes ante la tarea experimental.

El proceso de expectativa puede reportar efectos de facilitación en SOA de hasta 2000 ms con palabras fuertemente asociadas, pero en SOA mayor a 2000ms se pierde la expectativa generada (Jones & Estes, 2012).



El interés de los investigadores por el *priming* léxico, además de llevarlos a generar modelos que intentan explicarlo, también los llevo a encontrar diferentes tipos de *priming* que surgían en tareas léxicas según la manipulación de diferentes variables, estos efectos fueron caracterizados y replicados dando como resultado los siguientes.

#### *Priming* Semántico

Meyer & Schvaneveldt (1971) realizaron un par de experimentos que iniciaría con una gran tradición de investigación en las ciencias cognitivas. En ambos se les presentaba a los sujetos una tarea de decisión léxica, en la cual aparecía un par de ítems léxicos, estos podrían ser palabra-palabra (perro-mesa), palabra-nopalabra (perro-laip) o no palabra-no palabra. En dicha tarea los investigadores agregaron una condición experimental en la que la mitad de los pares palabra-palabra estaban relacionados semánticamente (mesa-silla) y la otra mitad no (mantequilla-escusado). En el primer experimento se les indico a los participantes decir “sí” cuando el par estaba conformado por dos palabras y “no” cuando estaba conformado por dos “no palabras” o “una palabra y una no palabra”. En el segundo experimento se les indico responder “igual” si ambas eran palabras o no palabras y “diferente” si no lo eran. Ellos encontraron que las respuestas eran más rápidas en un promedio de 85 ms cuando los pares estaban relacionados semánticamente, a este fenómeno se le denomino “*priming* semántico”.

El *priming* semántico conceptualmente, es un efecto de facilitación en la recuperación de una palabra objetivo (*target*) debido a la presentación previa de otra (*prime*) que está semánticamente relacionada. Comúnmente este efecto se puede observar en diferentes tipos de mediciones, como lo son: los tiempos de reacción (TR) y la exactitud de la respuesta (ER). Por ejemplo, el tiempo de respuesta es más corto y la respuesta es más

exacta si después de la palabra *perro* sigue la palabra *gato*, en lugar de que a la palabra *perro* le siguiera la palabra *doctor* (Berko Gleason & Bernstein Ratner, 1999).

Este tipo de efecto de facilitación, se da gracias a la organización de la información dentro de la memoria semántica, así como a diversos procesos llevados a cabo de manera inconsciente y consciente por el sujeto. Las relaciones entre las palabras se forman debido a su significado (semántica) y a las asociaciones que hay entre estas en un contexto determinado, además de que guían su organización dentro del léxico mental (McNamara, 2005). Por lo tanto, podemos encontrar un efecto de *priming* semántico si después de la palabra *bolillo* le sigue la palabra *telera*, dada su relación semántica, y también podemos encontrar este mismo efecto si después la palabra *bolillo* le sigue la palabra *mantequilla*, dado la asociación que existe entre estas dos palabras en un contexto específico.

El grado de asociación entre dos palabras se ha estudiado en tareas de asociación libre, en las que se les indica a los participantes que digan la primera palabra que se les venga a la mente después de la presentación de una palabra estímulo, esto con el objetivo de medir su grado de asociación. Gracias a estas tareas se han generado diferentes rangos de asociación entre las palabras, estandarizados en poblaciones específicas, que sirven a los investigadores para tener cierta sistematización metodológica en los estímulos que utilizan (Barrón-Martínez & Arias-Trejo, 2014a).

Resulta complicado separar en su totalidad las relaciones semánticas de las de asociación, pero la investigación del *priming* semántico y asociativo ha profundizado en este tema, argumentando que las relaciones semánticas se dan debido a lo similar en el significado de las palabras, mientras que las relaciones de asociación se dan debido a la frecuencia de uso de las palabras más que a su significado (Ferrand & New, 2003).

En una revisión hecha por Jones et al. (2012) sobre el *priming* asociativo y el *priming* semántico, encontraron que ambos ocurren en SOA cortos (de 300ms a 800ms), pero en SOAs largos (mayores o iguales a 1000ms) la facilitación semántica muestra alteraciones o es eliminado. Específicamente, en el *priming* semántico puro reportan disminuciones a los 1500 ms y la eliminación del efecto a los 2500 ms, mientras que para el *priming* asociativo encuentran incrementos en el efecto en los 2000 ms.

Con base en estos resultados ellos concluyen que estos tipos de facilitación pueden reflejar procesos diferentes. La facilitación semántica estaría dada por el principio de propagación de la activación, mientras que la asociativa estaría vinculada en etapas tempranas al principio de propagación de la activación y en etapas más tardías a procesos estratégicos como la expectativa o el emparejamiento semántico.

El *priming* semántico ha sido utilizado para explorar la organización léxico-semántica, el procesamiento de palabras y los mecanismos por los cuales se recuperan, todo esto en diferentes tipos de poblaciones y en diferentes edades. Las medidas de registro que se analizan con estos fines han cambiado a lo largo del tiempo, teniendo al inicio solo medidas conductuales como el tiempo de reacción (TR) y la exactitud en la respuesta (ER), y actualmente medidas más sofisticadas dadas por herramientas como el rastreador ocular (*eye tracking*) y el electroencefalograma (EEG).

Las investigaciones iniciales que se centraron en explorar el efecto de facilitación semántica y que establecieron las bases conceptuales y teóricas utilizaron de manera predominante el análisis de los tiempos de reacción y la exactitud de la respuesta en tareas de denominación y tareas de decisión léxica (TDL) (McNamara, 1992a, 1992b, 1994; Neely, 1977; Neely et al., 1989). En estas investigaciones se reflejaba el efecto de *priming*

en una disminución en los tiempos de reacción y un aumento en la exactitud de la respuesta.

Otra metodología ampliamente utilizada en el estudio de este efecto es la proporcionada por el EEG, particularmente la de los potenciales relacionados a eventos (PREs). Los PREs son variaciones en la actividad eléctrica cerebral ocasionadas por la presentación de un estímulo en cualquier modalidad, y que están asociados a un procesamiento sensorial, motor o cognitivo (Silva-Pereyra, 2008). Uno de los más relacionados a este efecto de facilitación semántica es el componente llamado N400.

La N400 según su nomenclatura es un componente negativo que se puede observar en una ventana de los 300 a los 500ms, alcanzando su pico máximo a los 400ms. Al ser catalogado como un componente endógeno, comúnmente se asocia a procesos cognitivos de integración o predicción semántica. Por lo tanto, su amplitud va a variar según las características de la tarea experimental.

Este componente comúnmente se ha encontrado en tareas de procesamiento de oraciones y de palabras, y se ha asociado con el *priming* semántico. La N400 aparece cuando se procesa cualquier palabra, en la TDL podemos encontrar este efecto cuando se comparan las condiciones de palabras no relacionadas vs las palabras relacionadas, es decir, la amplitud de la N400 será menor cuando el *prime* y el *target* estén relacionados semánticamente, sin embargo, la amplitud aumentará cuando las palabras no tengan relación semántica (Chwilla, Brown, & Hagoort, 1995; Silva-Pereyra et al., 2003). La amplitud del componente se relaciona con la demanda cognitiva, procesar palabras que no están relacionadas semánticamente demandan mayores recursos cognitivos en comparación a las que tienen una relación semántica (Kutas & Federmeier, 2011).

Dichas medidas han complementado los datos obtenidos tradicionalmente por medidas conductuales, permitiendo explorar los mecanismos neuronales que participan en el *priming* semántico (Franklin, Dien, Neely, Huber, & Waterson, 2007; Sirri & Rämä, 2015). Llegando incluso a encontrar, con análisis estadísticos más sofisticados, las estructuras cerebrales que se activan de manera diferenciada según los mecanismos automáticos o estratégicos que se exploren (Silva-Pereyra et al., 2003).

### *Priming* Mediado

Otro tipo de efecto de facilitación que se ha investigado de manera frecuente es el *priming* indirecto o mediado. Este ocurre cuando la facilitación de un *target* es debido a una palabra mediadora que no es presentada físicamente, pero que ha sido relacionada por el *prime*. Por ejemplo, la facilitación en el procesamiento de la palabra **rayas**, dada la presentación previa del *prime* **león** se debe a la palabra mediadora **tigre** (Sass et al., 2009).

El *priming* mediado es un efecto de facilitación complejo en el que ciertos parámetros influyen el modelo explicativo por el cual ocurre, dentro de estos se encuentra la fuerza de asociación de las palabras, el SOA y la tarea experimental que se utiliza.

Algunas de las primeras investigaciones en las que se comprobó dicho efecto de en tareas de decisión léxica (TDL) es la realizada por McNamara & Altarriba (1988). Ellos realizaron 4 experimentos y, analizando los tiempos de respuesta (TR) junto con la exactitud de la respuesta (ER), encontraron un efecto de facilitación semántica mediada confiable en TDL estándar y doble. Aportando evidencia de que el *priming* mediado a)

puede ocurrir en TDL; b) puede ser explicado mediante el principio de propagación de la activación (usando SOA's de 100ms) y; c) el efecto de facilitación es menor en comparación al del *priming* semántico.

En el 2000 se realizó otra investigación con el objetivo de develar el cómo ocurre el procesamiento en el *priming* mediado. Con este fin llevaron a cabo 3 experimentos en los cuales utilizaron la metodología de los potenciales relacionados a eventos (PREs) y analizaron los TR. En el 1 y 2, utilizaron una TDL estándar y no encontraron un efecto de *priming* mediado confiable en los TR, sin embargo, si encontraron un efecto de N400. En el tercero replicaron el experimento realizado por McNamara y Altarriba en 1988, utilizando una TDL doble. Encontrando un efecto de *priming* mediado para los TR, y también un efecto de N400.

Estos resultados fueron interpretados bajo la teoría de la propagación de la activación y la de señal compuesta (*compound cue*). Por tanto, concluyen que: a) Es importante mantener un SOA bajo, o utilizar una TDL doble para obtener el efecto de *priming* mediado; b) que los TR y la N400 reflejan procesos diferentes, mientras que los tiempos de respuesta reflejan principalmente un proceso de propagación de la activación, la N400 reflejaría un proceso de integración postléxica, dado que es un potencial que inicia después de la presentación del estímulo y su funcionamiento estaría dado por los modelos de integración, en este caso particular el de señal compuesta y el de emparejamiento semántico (Chwilla, Kolks, & Mulder, 2000).

Intentando esclarecer el panorama creado por las investigaciones anteriores, en años recientes Jones realizó un par de estudios que añaden información importante para la comprensión de los procesos mediante los cuales ocurre el *priming* mediado.

En la primera investigación (Jones, 2010) propone que el modelo de emparejamiento semántico puede explicar de mejor manera el proceso de facilitación mediada. Mediante cuatro experimentos comprueba que este efecto de *priming* se puede dar en TDL estándar y doble, utilizando estímulos con niveles de asociación débiles (relaciones entre palabras de tipo instrumentales e integrativas), es decir, mediante relaciones mediadas puras. Sin embargo, no ocurre lo mismo en TDL continuas. Esto principalmente demuestra que el efecto de *priming* mediado se da mediante procesos retrospectivos, ya que, las TDL doble y continua por su naturaleza facilitan este tipo de procesamiento. En contra posición a las TDL continuas, que debido a que la respuesta es a cada estímulo de manera individual, propician el procesamiento prospectivo (*spreading activation*).

Es importante mencionar que estos resultados no sugieren que este tipo de *priming* no ocurre debido a los modelos de propagación de la activación. En cambio, sugieren que este efecto se puede dar en ambos procesos, prospectivos y retrospectivos, según las condiciones y las variantes en las tareas que se utilicen.

En una segunda investigación realizada (Jones, 2012), demuestra la importancia del control del nivel de asociación de los estímulos, el SOA y la TDL utilizada. En esta investigación se encontró que este efecto de facilitación se puede obtener en TDL continua si se utilizan estímulos con una fuerza de asociación alta del mediador al *target*, y el efecto va a ocurrir por un procesamiento prospectivo (*spreading activation* ó *expectancy*).

Además, encontraron un efecto de *priming* mediado en una TDL doble, cuando la fuerza de asociación mediador-*target* era alta. En SOAs de 200ms, 1000ms y 1800ms encontraron el mismo efecto, en TDL estándar, cuando la fuerza de asociación es alta (mediador → *target*); cuando es baja solo se encontró el efecto en SOAs de 1000ms. Dados

los resultados anteriores argumenta que no existe un solo proceso mediante el cual se dé este efecto, apoyando la Teoría Híbrida (Neely, 1991) en la cual se pueden encontrar tres procesos: propagación de la activación, expectativa y emparejamiento semántico.

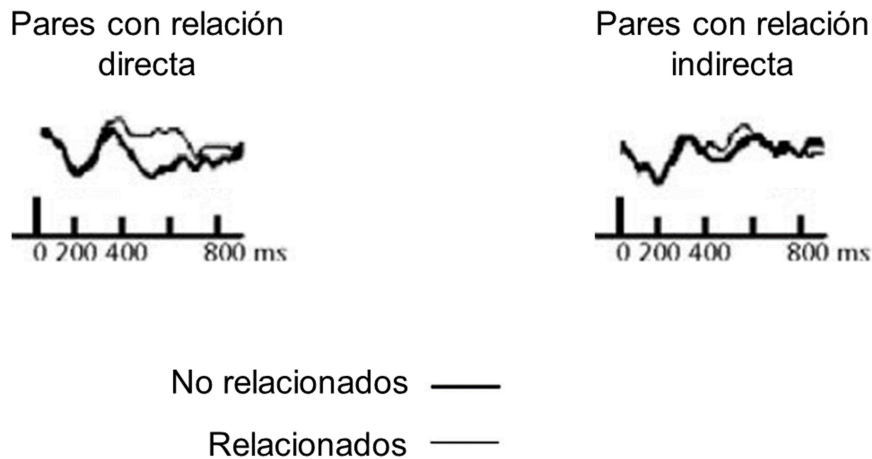
Como comentamos anteriormente, también se ha usado la N400 para investigar la naturaleza del *priming* mediado y se ha mostrado más sensible que los métodos conductuales.

La N400 mediado ha mostrado sensibilidad tanto para las investigaciones que promueven el uso de mecanismos estratégicos, como para las que lo hacen para mecanismos automáticos. Dicho componente varía en su amplitud si, las palabras presentadas están relacionada, indirectamente relacionadas o no relacionadas. Para palabras relacionadas tiene una amplitud pequeña, dado que la palabra se integra de manera fácil al contexto previo o a que la preactivación del candidato léxico se cumple. En cambio, para las palabras relacionadas indirectamente, se puede observar una amplitud mayor que para las palabras relacionadas, pero no como para las palabras no relacionadas (ver Figura 4) (Kreher, Holcomb, & Kuperberg, 2006; Silva-Pereyra et al., 1999).



## Figura 5.

*N400 en el procesamiento de palabras*



*Nota:* En la imagen se puede observar el cambio en la amplitud del potencial N400 ante el procesamiento de palabras con relación semántica o sin relación semántica, siendo mayor la amplitud para los pares de palabras sin relación semántica. *Adaptado de N400 during lexical decision tasks: A current source localization* (p. 2474), por J. Silva-Pereyra; M. Rivera-Gaxiola; E. Aubert; J. Bosh; L. Galan; A. Salazar, 2003, *Clinical Neurophysiology*, 114(12).

Actualmente, se han realizado estudios de *priming* mediado en pacientes con esquizofrenia, ya que, presentan un incremento en el efecto de facilitación semántica y un efecto de facilitación mediada fuera de la norma. Se hipotetiza que esto se debe a que la propagación de la actividad cortical se propaga más que en sujetos con desarrollo típico, facilitando no solo los candidatos léxicos relacionados, sino también, aquellos que están indirectamente relacionados (Kuperberg et al., 2019).

Como se pudo observar a lo largo de este apartado existe una gran tradición en el estudio del *priming* léxico que ha propiciado el surgimiento de teorías que explican sus mecanismos de procesamiento, cómo se procesa dicho efecto según las relaciones entre los estímulos, y las tareas que se han utilizados para explorarlo. Ampliando así la visión de dicho efecto y manteniéndola vigente en la actualidad para estudiar problemas específicos dentro de la organización léxico-semántica, ya sea en su desarrollo o en trastornos del neurodegenerativo como lo son la Esquizofrenia y el Alzheimer.

Es justo en los mecanismos mediante los cuales ocurre el *priming* semántico o mediado, en los que se centra esta investigación, por tanto, es de vital importancia explicar a fondo la participación de variables como el SOA, la proporción de relación entre los estímulos, la proporción de no palabras y la tarea experimental.

## SOA's en el *priming* semántico y mediado

La asincronía del inicio del estímulo o SOA por sus siglas en inglés, es el tiempo que va desde el inicio de la presentación de un estímulo, hasta el inicio del estímulo siguiente. Es una variable que se ha investigado mucho en tareas de procesamiento de palabras y que les ha permitido a los investigadores conocer qué tipo de procesamiento es el que se está llevando a cabo.

Es importante mencionar que las primeras investigaciones que se realizaron parten de modelos modulares de procesamiento de información, según estos la información se procesa de manera secuencial mediante unos módulos organizados jerárquicamente. Por lo tanto, el tiempo de respuesta de los participantes daba cuenta de la facilidad o dificultad con la que se procesaba un estímulo.

Como ya se mencionó, el efecto de *priming* se puede dar mediante procesos automáticos y controlados o estratégicos. Los procesos automáticos, ocurren sin necesidad de ser consciente de ello y se caracterizan por ser muy rápidos, además de no tener algún costo para la persona. A diferencia de los procesos controlados o estratégicos, en los que implican que los sujetos sean conscientes y normalmente ocurren lentamente, produciendo tanto costos como beneficios (McNamara, 2005).

En tareas de decisión léxica se ha reportado que utilizando un SOAs corto, menor a 300 ms se puede propiciar que el procesamiento ocurra de manera automática. Mientras que, si se utilizan SOAs largos, mayores a 1000 ms se pueden producir procesos estratégicos. Esto también se ha relacionado a procesos como la facilitación o la inhibición

y se ha encontrado que, si bien el efecto de facilitación se puede dar en SOAs cortos y largos, la inhibición solo ocurre en SOAs largos (Neely, 1977, 1991).

En el capítulo anterior se hizo una relación entre el SOA y el *priming* semántico y mediado, así como el modelo teórico que podría explicar su procesamiento. Manteniéndose constante el hecho de que los modelos de propagación de la activación toman protagonismo en SOAs cortos, mientras que en SOAs largos el efecto de facilitación puede ocurrir mediante procesamiento estratégico.

Podemos observar también que, el *priming* semántico y mediado en TDL y utilizando métodos de registro electrofisiológicos los SOAs no afectan la aparición del componente N400, presentándose tanto en SOAs cortos y largos (Kreher et al., 2006; Silva-Pereyra et al., 1999). Sin embargo, las estructuras corticales que originan dicho componente pueden variar si el efecto de *priming* ocurre por uno u otra teoría de procesamiento (propagación de la activación, señal compuesta, expectativa, emparejamiento semántico) (Silva-Pereyra et al., 2003).

Para explicar con mayor claridad las estructuras corticales que se activan de manera diferenciada, y poder establecer si hay diferencias en las estructuras corticales que se activan cuando aparece el *priming* mediado y semántico se tiene que recurrir a las técnicas de neuroimagen, por ejemplo, la resonancia magnética funcional.

En el apartado siguiente describiremos de manera general la técnica de resonancia magnética funcional, así como las investigaciones que se han enfocado en el estudio de estos efectos de facilitación utilizando esta técnica, así como la evidencia de las estructuras corticales que participan en mecanismos de procesamiento automáticos y estratégicos.

Resonancia magnética funcional.

La resonancia magnética funcional (RMf) es una técnica de neuroimagen que permite el registro de la actividad cerebral cuando se está llevando a cabo un proceso cognitivo, esto para posteriormente obtener una serie de imágenes de las estructuras cerebrales que participan en dicho proceso (Ríos-Lago, 2008).

El funcionamiento de la RMf parte de los principios físicos de la Resonancia Magnética Nuclear, en los que se estimulan mediante ondas electromagnéticas los protones (principalmente de hidrogeno) de un tejido, provocando un efecto de polarización en la magnetización que alinearán el vector de los protones con el campo electromagnético exterior (magnetización longitudinal), además de hacerlos precesar (realizar un movimiento conico) fuera de fase. La frecuencia de este movimiento de precesión es fundamental ya que conocerla nos va a permitir enviar ondas de radio que tengan la misma frecuencia, provocando así lo que los teóricos llaman como **resonancia**. Mediante este proceso de resonancia los protones podrán recibir la energía enviada a través de las ondas de radiofrecuencia, entrarán en un estado en el que precesen en fase (pierden la magnetización longitudinal y ocurre la magnetización transversal), para posteriormente liberar esta energía (que será captada por el resonador) y regresar a su estado de reposo. La constante de tiempo que tarde en regresar a su estado anterior al envío de ondas de radiofrecuencia se les conoce como T1 y T2 (Álvarez, Ríos-Lago, Hernández, Bargalló, & Calvo-Merino, 2008).

El T1 o relajación longitudinal es la constante de tiempo que los protones tardan en liberar la energía captada y recuperar la magnetización longitudinal, este tiempo va a variar según el tejido en el que se encuentren los protones (sustancia gris, sustancia blanca o liquido céfalo raquídeo) proporcionando los diferentes contrastes de gris. La relajación

transversal o T2, es la constante de tiempo que los protones tardan en regresar a su fase inicial, es decir, el tiempo en que los protones liberan la energía captada y dejan de precesar en fase, este tiempo será más breve que T1 y se verá afectado por la inhomogeneidades del campo magnético que provocará una constante de tiempo denominada T2\*. Dichas homogeneidades serán provocadas en parte por el estado de oxigenación sanguínea relacionándose con el efecto BOLD (Armony, Trejo-Martínez, & Hernández, 2012).

### Efecto BOLD

Los procesos cognitivos tienen como base fisiológica la comunicación neuronal, en la que ocurre un intercambio de impulsos eléctricos y de sustancias químicas. Estos intercambios requieren energía que es obtenida de la glucosa y el oxígeno, y es enviada vía perfusión sanguínea a las neuronas.

La RMf se basa en el efecto BOLD (*blood oxygenation level dependet*), dicho efecto utiliza las propiedades magnéticas de la hemoglobina oxigenada (oxiHb) y desoxigenada. Mientras la presencia de hemoglobina desoxigenada provocará inhomogeneidades en el campo magnético (dado que es paramagnética) que van a reducir el tiempo de la constante T2\*. La oxiHb, ya que es diamagnética, provocará un aumento en el tiempo de esta constante. Esta relación entre la presencia de una y otra servirá para detectar los cambios en el flujo sanguíneo (Goebel, 2013)

Tomando como base estos argumentos, podemos inferir que cuando se esté procesando un estímulo ciertas estructuras neuronales se activarán, esta activación provocará un aumento momentáneo de la concentración de deoxihemoglobina con relación a la oxiHb regional, debido a que el tejido cerebral empieza a consumir más oxígeno.

Posteriormente, de 6 a 9 segundos después del inicio de la actividad, aumentará la concentración de oxiHB con relación a la desoxihemoglobina satisfaciendo el aporte energético a estas regiones (Álvarez et al., 2008).

La RMf brinda a los investigadores una resolución espacial muy alta en comparación a otras técnicas, además de que es menos invasiva. Sin embargo, es muy costosa y su resolución temporal es baja. A pesar de sus desventajas se ha colocado como una herramienta muy utilizada tanto en la clínica como en la investigación de los procesos cognitivos (Ríos-Lago, 2008).

#### Antecedentes

Es importante resaltar que los resultados de la RMF no deben ser interpretada como un paradigma contemporáneo similar a la reflexología, ya que, en la actualidad, el conocimiento sobre los procesos cognitivos y sus bases neuronales, presentan un marco de referencia sólido para desarrollar interpretaciones funcionales. Esta evidencia ha llevado a abordar al cerebro como un conjunto de estructuras corticales y subcorticales organizadas jerárquicamente, que interactúan de manera dinámica cuando se ejecuta un proceso cognitivo específico. Por tanto, es de vital importancia plantear antecedentes puntuales para realizar interpretaciones más cercanas a cómo se podría procesar la información en el cerebro. En este caso, abordando el efecto de *priming* directo o indirecto (mediado).

Siguiendo esta línea, para el efecto de *priming* semántico obtenido en tareas de decisión léxica aplicando la RMf, se han obtenido patrones de activación consistente en diversas estructuras cerebrales, principalmente frontotemporales, que se han vinculado con el procesamiento semántico (Lau, Phillips, & Poeppel, 2008). En una revisión sistemática

realizada hace un par de años, centrada en las investigaciones que han utilizado la RMf en el efecto de facilitación semántica, se encontró de manera consistente la participación de estructuras como el giro temporal medio (GTM), el giro temporal inferior (GTI), la corteza cingulada anterior (CCA), la corteza prefrontal izquierda (CPf-HI) y la corteza frontal inferior izquierda (CFI-HI) (Holderbaum, Sbicigo, Buchweitz, & De Salles, 2019).

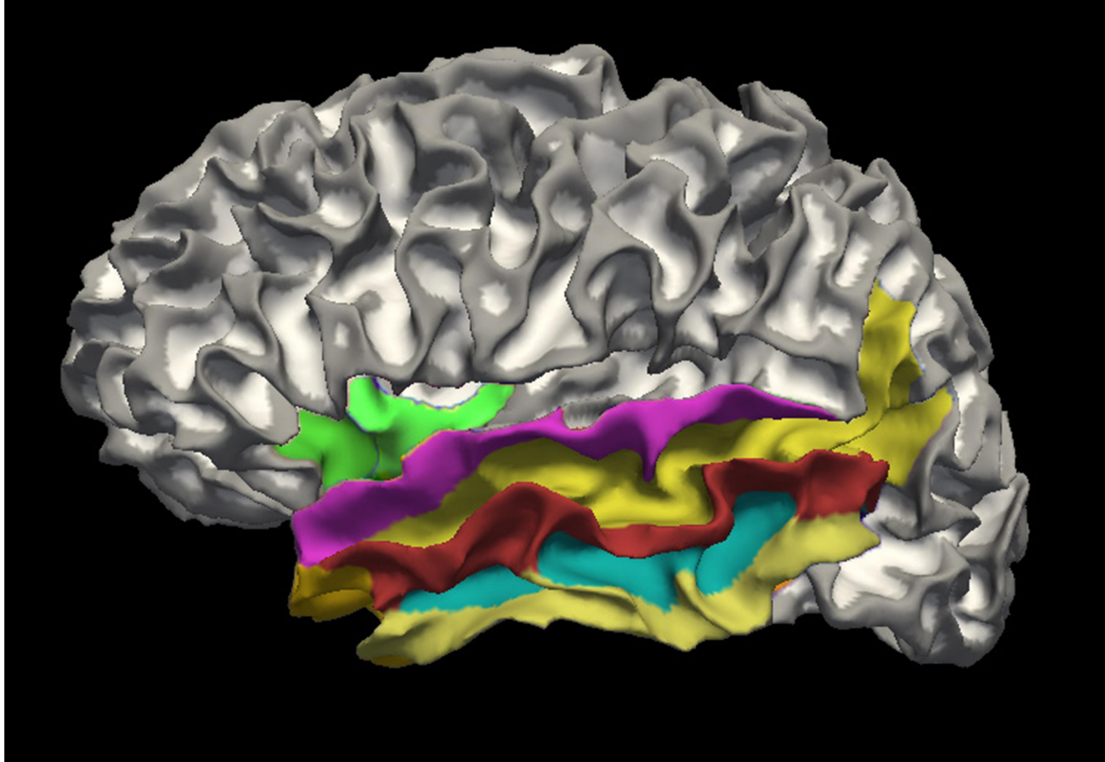
Además de estas regiones, Rossell, Price, & Nobre, (2003) observaron la participación de regiones occipitales ventrales, como el giro fusiforme en su región posterior, asociadas con el reconocimiento visual de las palabras. Recientemente se ha concluido que el giro fusiforme medio es la primera región sensitiva a estímulos que son identificados como palabras (Woolnough et al., 2021).

En cuanto a regiones temporales se ha encontrado una mayor participación del hemisferio izquierdo en comparación con el derecho, en estructuras como el giro inferior (GTI), medio (GTM) y superior (GTS) en regiones anteriores mediales y posteriores, además de la ínsula (ver figura 5). Se ha vinculado la actividad del giro inferior cuando se llevan a cabo tareas de decisión léxica con SOAs cortos (Gold et al., 2006). Como se mencionó anteriormente, los SOAs cortos se relacionan con mecanismos de procesamiento automático, específicamente con la propagación de la activación.



**Figura 6.**

*Regiones temporales involucradas en el procesamiento semántico*



*Nota:* En la imagen se muestran las regiones temporales involucradas con el procesamiento semántico: ínsula (verde); giro temporal superior (rosa); cisura temporal superior (amarilla); giro temporal medio (rojo); cisura temporal inferior (azul); giro temporal inferior (amarillo claro).

El GTM y el GTS participan tanto en SOAs cortos como largos (Rissman, Eliassen, & Blumstein, 2003; Rossell, Bullmore, Williams, & David, 2001; Rossell et al., 2003) y se ha relacionado con el enlace del procesamiento fonológico y léxico, así como con la recuperación léxico-semántica (Kotz, Cappa, von Cramon, & Friederici, 2002). Además, se ha observado que la ínsula derecha modula su actividad tanto para SOAs cortos como para

largos (Rossell et al., 2001), sin embargo, también se ha encontrado solo en SOAs largos (Gold et al., 2006).

En estructuras frontales se ha observado actividad diferenciada en el giro inferior, medio, regiones operculares bilaterales y prefrontales anteriores. Estas estructuras están vinculadas con las demandas ejecutivas de la TDL (la selección y recuperación de los candidatos léxicos). También se ha encontrado activación en regiones parietales como el giro supramarginal y angular, principalmente relacionadas con procesos de regulación atencional (Kotz et al., 2002; Rissman et al., 2003; Rossell et al., 2001, 2003). La corteza cingulada ha sido de profundo interés dado que la activación de su porción anterior se asocia con mecanismos de *priming* controlados, mientras que su porción posterior se relaciona con mecanismos de procesamiento automáticos (Rossell et al., 2001).

Existen un par de investigaciones que están directamente relacionadas con el objetivo de esta investigación. La primera de estas fue realizada por Tivarus, Ibinson, Hillier, Schmalbrock, & Beversdorf, en 2006. Ellos investigaron el efecto de *priming* semántico con pares de palabras con relación directa o indirecta, usando la RMf en 12 sujetos nativos hablantes de inglés. Encontraron diferencias significativas en la señal BOLD en diferentes estructuras dependiendo del tipo de relación entre el *prime* y el *target*, además de un efecto de *priming* significativo entre las condiciones.

De manera general, registraron una red de activación cortical promedio en la que destacan la participación del GFI (BA 44, 45, 47), el giro frontal medio (BA 46/9), la corteza parietal (BA 7) y la corteza cingulada anterior (BA 32/24). Además de registrar zonas de procesamiento de información visual, somatosensorial, motoras y premotoras

debido a las demandas de respuesta de la TDL estándar. Los autores argumentan que esta red involucra estructuras relacionadas con el procesamiento del lenguaje y la atención.

Asimismo, encontraron diferencias en la señal BOLD según la condición de los pares (relación directa, relación indirecta y no relacionados). Registraron un decremento significativo de la señal para los pares con relación directa en el GFI-HI; GFM y lóbulo temporal anterior (LTA) bilaterales, cuando se compararon con la señal de los pares no relacionados. Para los pares con relación indirecta registraron un decremento significativo de la señal en GFI-HI y el GFM bilateral en comparación de la condición no relacionada. Finalmente, existió un aumento significativo de la señal en el LTA para los pares no relacionados con respecto a los relacionados de manera indirecta.

Los autores relacionan el decremento de la señal con una actividad neuronal menor, debido a que cuando existe una relación semántica directa o indirecta la activación del *prime* viaja al *target*, por lo tanto, cuando el *target* se presenta la señal disminuye debido a que fue preactivado por el *prime*. Contrario a lo que ocurre en las palabras no relacionadas en los que la señal incrementa, ya que, no se presenta un estímulo que actúe como facilitador o que preactive el *target*.

Este argumento sobre los decrementos de la señal guiados por el principio de propagación de la activación se puede discutir dado que en su TDL utilizan SOAs largas (700 ms) que pueden propiciar la participación de procesos como la expectativa o el emparejamiento semántico, más que solamente procesos automáticos como la propagación de la activación. Además, la activación de la red atencional que involucra zonas parietales (BA 7 y la CCA BA 32/24) pueden reflejar esto, ya que muestra activación diferenciada

cuando el efecto de *priming* semántico ocurre mediante procesos controlados (Rossell et al., 2001).

La segunda investigación, a diferencia de la anterior, añadió una condición de pares de no palabras e investigó la modalidad de presentación de los estímulos, esto en una TDL estándar con SOAs de 350 ms (Sass et al., 2009). Encontraron un efecto de *priming* semántico en los TR cuando se contrastó la condición de relación directa vs las no relacionadas, sin embargo, no se encontró este efecto en las palabras con relación indirecta vs no relacionadas.

En los análisis de imagen, cuando presentaron los estímulos en una sola modalidad y sustrajeron las estructuras de la condición de palabras con relación directa de las no relacionadas (No relacionadas > Relación directa) solo obtuvieron activación en el Putamen derecho y la CCA. Sin embargo, cuando la sustracción era Relación directa > No relacionadas se observaba activación en estructuras frontotemporales como el GFI y el GFM, GTS además de la Precuña y el Giro lingual (BA 18) para el hemisferio izquierdo y para el hemisferio derecho la Insula y el Giro lingual (GL). Además, para los análisis de la señal BOLD se observó un incremento significativo en la señal en todas las zonas del hemisferio izquierdo y una supresión de la respuesta en las zonas del hemisferio derecho.

Los autores argumentan que el incremento de la señal lateralizada a las estructuras del hemisferio izquierdo puede reflejar el procesamiento de información semántica, mientras que la supresión de la activación en las estructuras del hemisferio derecho refleja demanda atencional, es decir, la tarea disminuye las demandas atencionales para los pares relacionados y las incrementa para los pares no relacionados.

Para las No relacionadas > Indirectas se identificó un patrón de activación frontoparietal, en el que las regiones frontales del hemisferio derecho (GFM, GFI, GFS) presentaron una supresión de la respuesta. Según estos autores la supresión de la señal en las estructuras del hemisferio derecho reflejaría la eficacia para la recuperación de los conceptos de la memoria semántica, además de demostrar que las asociaciones indirectas permiten activaciones difusas. Cuando la sustracción fue Indirectas > No relacionada, regiones parietales como el giro supramarginal y temporales como la ínsula presentaron un aumento de la respuesta, esto refleja la búsqueda de alternativas semánticas, una demanda alta en la memoria de trabajo y componentes atencionales no específicos del procesamiento léxico semántico cuando se procesan los pares con relación indirecta.

Para finalizar, cuando sustrajeron la actividad de la condición Indirectas de la Directa (Directa > Indirecta) registraron activación en zonas del hemisferio izquierdo como el GL, GFS, GTM, GTS, y la Precuña bilateralmente, presentando un aumento en la señal. Argumentan que esto provocado ya que en la condición de pares con relación directa la recuperación semántica es más fuerte que para los pares con relación indirecta.

Los resultados de estas investigaciones presentan diferencias en sus resultados que podrían estar vinculadas a variables como los SOAs que utilizan y al grado de asociación entre los estímulos de la condición de pares relacionados indirectamente. Como se comentó en apartados anteriores para que ocurra un efecto de *priming* mediado a través de modelos de propagación de la activación los estímulos deben de tener un alto nivel de asociación del *prime* al mediador y de este último al *target* (Jones, 2012). En la investigación de Sass et al (2009) utilizaron un procedimiento particular para controlar el nivel de asociación de sus pares con relación indirecta que no pudo ser totalmente adecuada dado el número de

participantes que utilizaron, esto pudo influenciar el que no ocurriera el efecto de *priming* mediado.

## Planteamiento del problema

Según lo presentado existe evidencia sobre las estructuras que se activan en el *priming* semántico, sin embargo, no hay investigaciones que estudien las bases neuronales del *priming* mediado en una tarea de decisión léxica con SOAs largos que disminuye los efectos de procesamiento prospectivo de tipo automático y con una proporción menor de pares relacionados que no relacionados y pseudopalabras atendiendo a la disminución de los efectos estratégicos de expectativa.

## Pregunta de investigación

¿Existen diferencias en la actividad hemodinámica de regiones perisilvanas y dorsolaterales frontales, cíngulares y temporales inferiores cuando se procesan diferentes tipos de estímulos léxicos durante una tarea de *priming* mediado fomentando el pareo o emparejamiento semántico?

## Objetivo

Determinar la actividad hemodinámica cerebral de las regiones perisilvianas y dorsolaterales frontales, cíngulares y temporal inferior durante el *priming* semántico mediado que ocurren a partir de la utilización de estrategias postléxica de integración semántica, ante el procesamiento de palabras con relación semántica indirecta, sin relación y no palabras.

## Hipótesis

Hi: Existe actividad diferenciada en regiones perisilvianas y dorsolaterales frontales, cíngulares y temporal inferior según el procesamiento de palabras con relación semántica vs sin relación y pseudopalabras.

Ho: No existe actividad diferenciada en regiones regiones perisilvianas y dorsolaterales frontales, cíngulares y temporal inferior según el procesamiento de palabras con relación semántica vs sin relación y pseudopalabras.



## Metodología

### Diseño

Se utilizó un diseño cuasi-experimental de tipo descriptivo

En estos diseños se manipula deliberadamente una variable independiente para medir su efecto en una o más variables independientes. Además, los participantes no se asignan al azar, ni hay un emparejamiento de grupos. Es de tipo descriptivo, debido a que busca recoger información, medirla e indicar las características sobre los procesos o cualquier fenómeno que se somete a análisis (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014)

### Población y muestra

La muestra inicial estuvo conformada por 14 sujetos (7 masculinos y 7 femeninos). Ninguno reportó diagnóstico de alguna enfermedad neurológica ni psiquiátrica; todos diestros. El rango de edad de los participantes fue de los 20 a los 41 años, con una escolaridad de 15 a 17 años. Todos los sujetos firmaron un consentimiento informado donde se les explicaba los objetivos del proyecto y la confidencialidad de la información obtenida. Se eliminaron los datos de 2 participantes para el análisis de neuroimagen, uno por falta de velocidad en las respuestas y el otro debido a que no se registraron correctamente sus respuestas. Terminando con una muestra de 12 participantes (7 masculinos y 5 femeninos) El experimento se llevó a cabo en el área de Neuroimagen del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía Manuel Velasco Suarez (INNN). O

### Criterios de selección de estudio

### Criterios de inclusión

- Sin afectaciones neurológicas
- Sin afectaciones psiquiátricas
- Tener entre 20 y 50 años
- Escolaridad mínima de 9 años
- Brindar su consentimiento informado por escrito

#### Criterios de exclusión

- Haber sido evaluados con alguna de las pruebas neuropsicológicas planteadas en el último año
- Obtener un puntaje indicativo de deterioro cognitivo moderado a severo en la prueba de tamizaje MMSE.
- Obtener puntaje indicativo de estados de depresión intermitentes en el Inventario de Depresión de Beck.
- Haber padecido un brote o tratamiento con corticosteroides en los últimos 6 meses.
- Tener algún padecimiento psiquiátrico.
- Estar cursando con alguna enfermedad sistémica que afecte la ejecución cognitiva.
- Presencia de impedimento físico para la realización de las pruebas.

#### Variables

##### Variable independiente

- Evaluación neuropsicológica
- Tarea de decisión léxica de *priming* semántico mediado.
- Utilización de palabras relacionadas, no relacionadas y pseudopalabras como condiciones de la tarea de *priming*.

## VARIABLES DEPENDIENTES

- Activación BOLD obtenida a partir de las imágenes por resonancia magnética funcional durante el TDL de *priming* mediado.
- Latencia en la respuesta y número de respuestas correctas e incorrectas en el TDL de *priming* mediado.

## PROCEDIMIENTO

Para verificar que los sujetos cumplieran con los criterios de inclusión se realizó una valoración neurológica en el área de consulta externa. Posteriormente, se le proporcionó el consentimiento informado y se le explicó brevemente el objetivo de estudio a todos los participantes y se les pidió firmar el consentimiento informado en caso de decidir participar. Se aplicó el procedimiento en dos sesiones. En la primera se administró un cuestionario sociodemográfico, la prueba MMSE para descartar la presencia de deterioro cognitivo, además del inventario de Depresión de Beck con el objetivo de descartar la presencia de un trastorno depresivo. Además de la prueba completa Neuropsi: Atención y Memoria, con la finalidad de determinar el estado que guarda la velocidad de procesamiento, el lenguaje y la memoria.

La segunda sesión se dedicó exclusivamente al experimento dentro del resonador del INNN de 1.5 T. La sesión consistió en la ejecución de dos tareas de lenguaje, evaluando a través de la técnica BOLD la actividad cerebral relacionada. Las dos tareas experimentales que se registraron en el resonador a través de la técnica BOLD fueron diseñadas con el programa Stim2 (Compumedics Neuroscan Inc.) y el Paradigm Studio (General Electric Inc.).

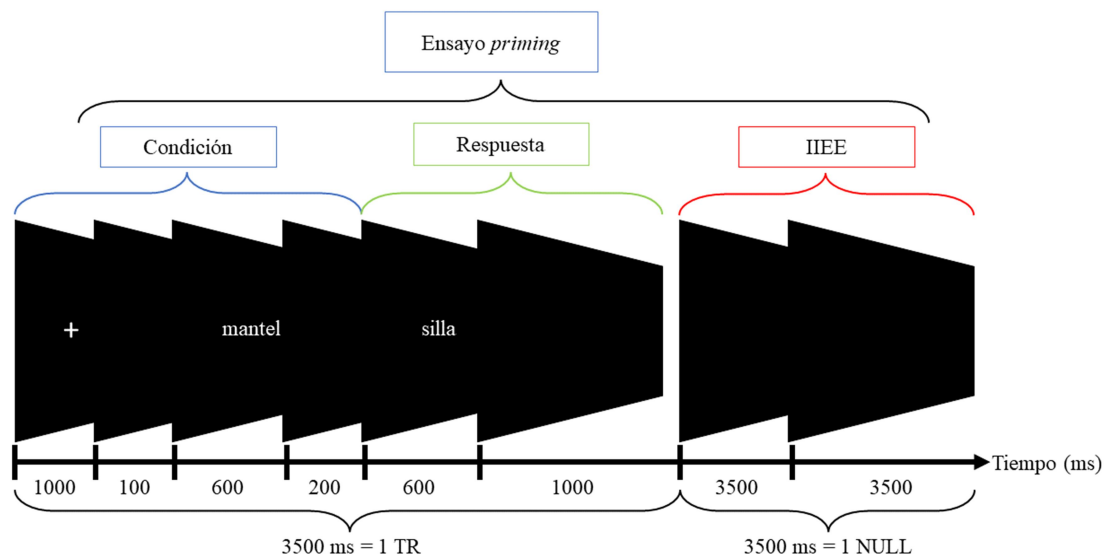
## TAREA EXPERIMENTAL

Se aplicó una tarea de decisión léxica para provocar un efecto de *priming* mediado similar al que se realizó en (Silva-Pereyra et al., 1999). En dicha tarea se les presentó un estímulo *prime* y después un *target* para posteriormente se les pidió a los participantes que indicaran si la palabra *target* es una palabra propia de la lengua o no. La tarea constó de tres condiciones experimentales: a) La primera condición presentó una relación indirecta entre *prime* y *target*, es decir, las palabras se relacionaron semánticamente a través de un mediador (p. ej. sopa – tenedor, donde la palabra mediador es “cuchara”); c) En la segunda condición las palabras no tienen una relación semántica; d) La última condición consistió de 20 ensayos, con pseudopalabra como *target*.

Cada ensayo tuvo una duración de 3500 ms y estuvo distribuido de la siguiente manera: primero se presentó una cruz en el centro de la pantalla por 1000 ms, después una pantalla negra por 100 ms, posteriormente una pantalla con el *prime* por 600 ms; una pantalla negra de 200 ms, el estímulo *target* durante 600 ms y finalmente una pantalla con un signo de interrogación por 1000 ms. Es importante mencionar que el registro de la respuesta comenzó desde que se presentó el *target*. Además, se presentó un intervalo interensayo representado (NULL) con una pantalla negra de duración variable con múltiplos de 3500 ms (ver figura).

### **Figura 7.**

*Diseño de la tarea experimental*



*Nota:* Se presentan las ventanas de tiempo (milisegundos) de aparición de los estímulos durante un ensayo de *priming*. La tarea experimental tenía una duración de 3500 ms al igual que los tiempos de repetición del resonador. Además, se añadió un intervalo interestímulo variable de múltiplos de 3500 ms.

### Estímulos

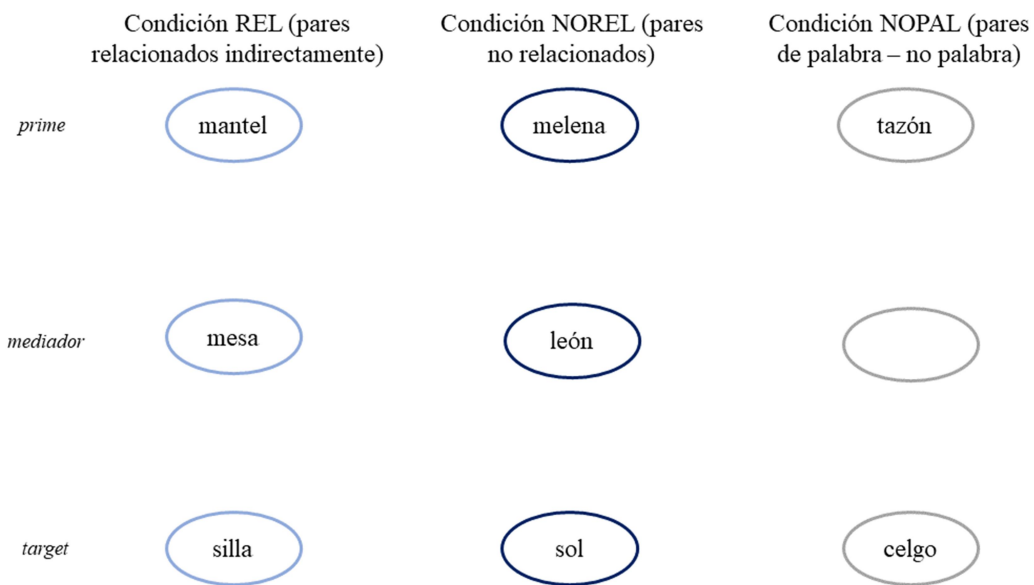
Los pares de palabras relacionados y no relacionados del presente estudio fueron tomados de los estímulos utilizados por Silva-Pereyra et al., 1999, y los pares de palabra-pseudopalabra se crearon utilizando las Normas de Asociación de Palabras en español (Barrón-Martínez & Arias-Trejo, 2014).

Para propiciar que el efecto de *priming* mediado ocurriera mediante mecanismos controlados se utilizó un SOA de 800 ms. Para disminuir la participación de mecanismos automáticos, como la propagación de la activación, se utilizó una fuerza de asociación menor a 0.20 entre prime – mediador y mediador – *target*. Además, para disminuir el proceso de expectativa se incrementó la proporción de los pares relacionados y no

relacionados a 1:2. Se utilizaron 20 ensayos de pares de palabras relacionadas, 40 ensayos de no relacionadas y 20 de palabras – pseudopalabras.

### Figura 8.

#### Estímulos



*Nota:* La figura muestra un ejemplo de los pares de *primes* y *targets* utilizados para cada condición, así como el mediador (no fue presentado) que enlazaba las palabras.

#### Registro

La tarea de *priming* fue relacionada a eventos. Consiste en 100 segmentos con tiempo de repetición (TR) en resonador durante la actividad de la tarea (3600ms) y 204 tiempos TR en modalidad intervalo interensayo (NULL). Se pedirá a los sujetos responder de modo balanceado a los botones correspondientes para determinar si el estímulo *target* es una palabra o no. Durante la ejecución se registrará la actividad BOLD de los sujetos con un TR

de 3500 ms. Antes de iniciar la tarea se dará un entrenamiento con 10 ensayos con la misma configuración que tuvo durante la resonancia magnética.

Las imágenes BOLD se registraron con un resonador *Signa General Electric* de 1.5 Teslas con un TR de 3500 ms (3.5 seg). Las imágenes funcionales para cada volumen incluyeron 30 cortes con un grosor de 5mm, con una imagen de T2\* con un eco de gradiente en una secuencia de imagen ecoplanar (EPI), un eco de gradiente con una matriz de 64 x 64 x 30, y el tamaño isomórfico por cada voxel de 4 x 4 mm<sup>3</sup>. Y el registro anatómico con imágenes de alta resolución con volúmenes en 3D y contraste para T1 (3D-*T1-weighted images*).

Análisis de datos

Análisis conductual

Para garantizar que los participantes prestaban atención a la tarea experimental se analizaron el número de aciertos obtenidos. Además, con las latencias de respuesta, que miden de manera exacta el tiempo que transcurre desde la aparición de la palabra *target* hasta la respuesta del participante, se realizó un análisis con estadística descriptiva para calcular sus medias, desviación estándar y varianza para cada condición (REL, NOREL, NOPAL). Además, una ANOVA de un factor para conocer si existen diferencias significativas entre las condiciones y el tiempo de respuesta.

Análisis de regiones de interés (ROI's)

Los datos de imágenes se analizaron a través de los programas de AFNI (Analysis of Functional NeuroImages; Cox, 1996) y Freesurfer (Athinoula A. Martinos Center of Biomedical Imaging; Dale et al., 1999; Fischl, et al., 1999). El análisis consistió en dos tipos de imágenes, anatómicas (análisis con AFNI) y funcionales (imagen ecoplanar con eco de gradiente: EPI; análisis con Freesurfer). El primer paso consistió en preparar los datos para el análisis, con la finalidad de detectar y reparar efectos potenciales en los datos, que pueden ser ocasionados por el escáner de IRM o por el sujeto. Este paso de preprocesamiento se llevó a cabo de modo individual, en el que se alinearon las imágenes para corregir el movimiento de la cabeza de cada sujeto; luego se llevó a cabo una normalización (las imágenes se moldean a un patrón estandarizado); y se dio un primer suavizado (smoothing) en cada imagen normalizada.

Luego se llevó a cabo una deconvolución, en el que se extrajo la señal promediada por condiciones de datos, y se realizó una comparación de la actividad significativa entre la



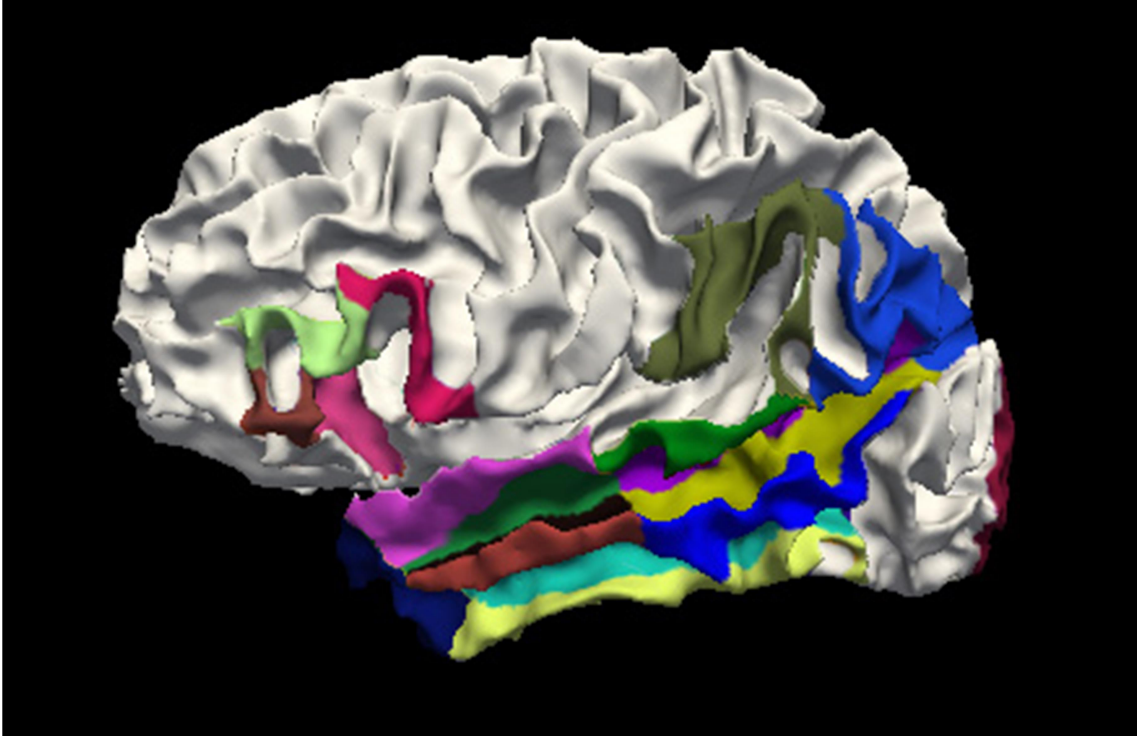
condición basal y la tarea, a través de una regresión lineal. Se extrajeron superficies tridimensionales por sujetos anatómicos. La deconvolución se realizó por la función TENT del programa AFNI (Cox, 1996) buscando estimar la forma de respuesta hemodinámica cerebral directamente de los datos.

Para cumplir el objetivo principal de la investigación se tomaron los datos de la respuesta hemodinámica por condición (NOPAL, REL, NOREL), por región y hemisferio (Izquierdo y Derecho), y se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de medidas repetidas con la prueba *post hoc* de Tukey.

Con el objetivo de determinar si existen diferencias en el curso de la señal BOLD según la condición o la región, se realizaron dos ANOVAS de un factor. En la primera se tomó como variable dependiente los valores de la respuesta hemodinámica registrados en cada tiempo de repetición (cada 3.5 segundos) y como factor principal la variable condición (NOPAL, REL, NOREL). En la segunda se cambió el factor principal a la variable regiones (donde se incluían las 18 regiones de interés). Se utilizó una prueba *post hoc* de Bonferroni al 0.05. para ambos análisis.

## Figura 9.

### *Regiones de interés*

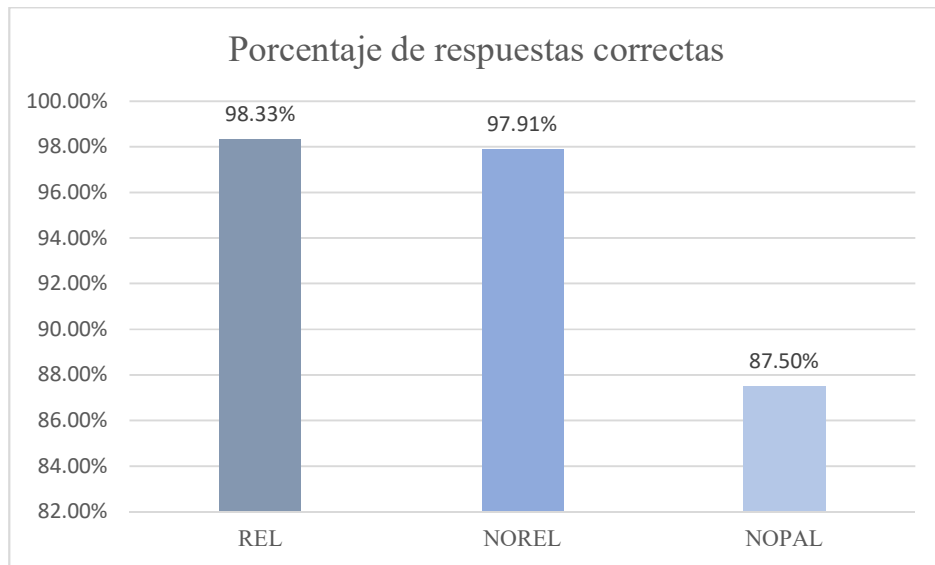


*Nota:* La figura muestra las 18 regiones en las que se analizó la señal BOLD durante la tarea de *priming*. Frontales: Giro orbital (rojo oscuro); Giro triangular (verde pistache); Giro opercular (rosa fuerte). Temporales: Ínsula anterior (rosa claro, debajo del giro triangular); giro temporal superior anterior (rosa) y posterior (verde claro); sulco temporal superior “*up bank*” anterior (verde fuerte) y posterior (morado); sulco temporal superior “*low bank*” anterior (negro) y posterior (amarillo fuerte); giro temporal medio anterior (rojo) y posterior (azul fuerte); sulco temporal inferior (azul claro); giro temporal inferior (amarillo claro). Parietal: giro supramarginal (verde oscuro); giro angular (azul). Occipital: Polo occipital (vino).

## Resultados

### Resultados conductuales

Los análisis descriptivos arrojaron un promedio de respuestas correctas elevado sin importar la condición, lo que puede señalar que los sujetos entendieron de manera adecuada la tarea experimental y sus respuestas no están influenciadas por el azar.



### Efecto de *priming*

La ANOVA de un factor muestra que no existen diferencias significativas en el tiempo de respuesta de los participantes entre las condiciones ( $F = .816$ ;  $p = .442$ ). Al comparar las condiciones con ajuste de Bonferroni, no se mostraron diferencias significativas (ver Tabla 1).

**Tabla 1.**

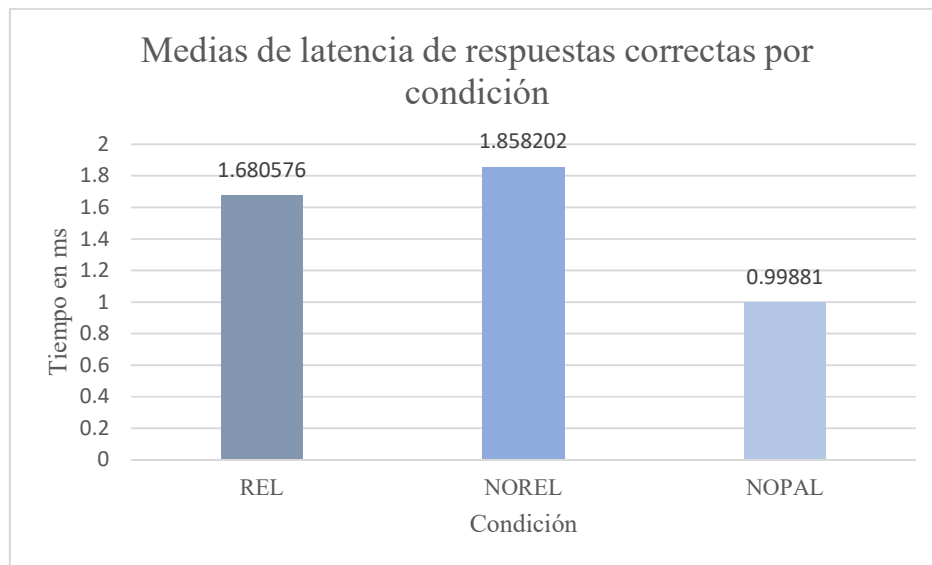
*Comparaciones de latencias correctas para Relacionados, No Relacionadas y No palabras*

(I) Condición	(J) Condición	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
REL	NOREL	-.1776263	.6505059	1.000
	NOPAL	.6817663	.7734916	1.000
NOREL	REL	.1776263	.6505059	1.000
	NOPAL	.8593926	.6767834	.613

NOPAL	REL	-.6817663	.7734916	1.000
	NOREL	-.8593926	.6767834	.613

**Nota:** \* La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05

Ajuste para varias comparaciones: Bonferroni



#### Análisis de las regiones de interés

En el análisis de varianza de medidas repetidas que se realizó para contrastar los promedios de la señal del efecto BOLD de las 18 regiones seleccionadas vs las tres condiciones, no mostró diferencias significativas las condiciones según la región (ver Tabla 2)

**Tabla 2.**

*ANOVA de medidas repetidas para respuestas correctas en Región vs Condición*

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Giro Frontal Inferior	Entre	.361	2	.180	.61	.548
Opercular	grupos				3	

	Dentro de grupos	9.421	32	.294		
	Total	9.782	34			
Giro Frontal Inferior Triangular	Entre grupos	.212	2	.106	.19	.827
	Dentro de grupos	17.732	32	.554	1	
	Total	17.944	34			
Giro Frontal Inferior Orbital	Entre grupos	3.368	2	1.684	1.1	.337
	Dentro de grupos	47.838	32	1.495	27	
	Total	51.207	34			
SCIA	Entre grupos	3.009	2	1.504	1.9	.164
	Dentro de grupos	22.678	29	.782	24	
	Total	25.687	31			
Giro Temporal Superior Anterior	Entre grupos	16.265	2	8.133	1.6	.200
	Dentro de grupos	153.891	32	4.809	91	
	Total	170.156	34			
Giro Temporal Superior Posterior	Entre grupos	.422	2	.211	.53	.592
	Dentro de grupos	12.687	32	.396	3	
	Total	13.110	34			
AUD	Entre grupos	1.403	2	.701	.64	.529
	Dentro de grupos	34.585	32	1.081	9	
	Total	35.988	34			
Sulco Temporal Superior Anterior Up Bank	Entre grupos	.529	2	.264	.30	.737
	Dentro de grupos	27.520	32	.860	7	
	Total	28.049	34			
Sulco Temporal Superior Anterior Low Bank	Entre grupos	1.103	2	.551	.47	.627
					5	

	Dentro de grupos	33.687	29	1.162		
	Total	34.790	31			
Sulco Temporal Superior Up Bank	Entre grupos	.005	2	.002	.01	.988
	Dentro de grupos	6.567	32	.205	2	
	Total	6.572	34			
Sulco Temporal Superior Posterior Low Bank	Entre grupos	.145	2	.073	.26	.767
	Dentro de grupos	8.670	32	.271	8	
	Total	8.815	34			
Giro Temporal Medio Anterior	Entre grupos	.834	2	.417	.71	.497
	Dentro de grupos	16.868	29	.582	7	
	Total	17.701	31			
Giro Temporal Medio Posterior	Entre grupos	.996	2	.498	1.2	.298
	Dentro de grupos	11.446	29	.395	62	
	Total	12.442	31			
Giro Temporal Superior Lateral Anterior	Entre grupos	.918	2	.459	1.7	.194
	Dentro de grupos	8.508	32	.266	26	
	Total	9.426	34			
Giro Temporal Superior Lateral Posterior	Entre grupos	1.149	2	.575	1.2	.294
	Dentro de grupos	14.438	32	.451	73	
	Total	15.587	34			
Giro Parietal Inferior Supramarginal	Entre grupos	4.740	2	2.370	.87	.428
	Dentro de grupos	78.672	29	2.713	4	
	Total	83.411	31			
Giro Parietal Inferior Angular	Entre grupos	.659	2	.329	.47	.625
					8	

	Dentro de grupos	19.985	29	.689		
	Total	20.644	31			
Polo Temporal	Entre grupos	4.731	2	2.366	1.1	.332
	Dentro de grupos	59.896	29	2.065	45	
	Total	64.627	31			

#### ANOVA de un factor

La ANOVA de un factor que se realizó, donde la variable dependiente fueron los promedios de activación por cada tiempo de repetición (Lag0: 0 - 3.5; Lag1: 3.5 - 7; Lag2: 7 - 10.5; Lag3: 10.5 - 14; Lag4: 14 - 17.5) con duración de 3.5 segundos y el factor fue la condición (REL, NOREL, NOPAL). Mostró diferencias significativas en la comparación de las medias de todas las condiciones en todos los *Lags* (ver Tabla 3). La prueba de Bonferroni mostró diferencias del *Lag* 1 al 4 entre las condiciones NOPAL vs REL y REL vs NOPAL (ver Tabla 4).

**Tabla 3.**

#### *ANOVA de un factor de Lags vs Condición*

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Lag_0	Entre grupos	4.885	2	2.443	3.169	*.042
	Dentro de grupos	929.619	1206	.771		
	Total	934.504	1208			
Lag_1	Entre grupos	9.430	2	4.715	5.451	*.004
	Dentro de grupos	1043.145	1206	.865		
	Total	1052.576	1208			
Lag_2	Entre grupos	9.726	2	4.863	4.504	*.011
	Dentro de grupos	1302.155	1206	1.080		
	Total	1311.880	1208			
Lag_3	Entre grupos	10.597	2	5.298	3.948	*.020
	Dentro de grupos	1618.564	1206	1.342		
	Total	1629.161	1208			
Lag_4	Entre grupos	14.044	2	7.022	4.148	*.016
	Dentro de grupos	2041.610	1206	1.693		

---

Total	2055.654	1208
-------	----------	------

---

**Nota:** \* La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05

Ajuste para varias comparaciones: Bonferroni

***Tabla 4.***

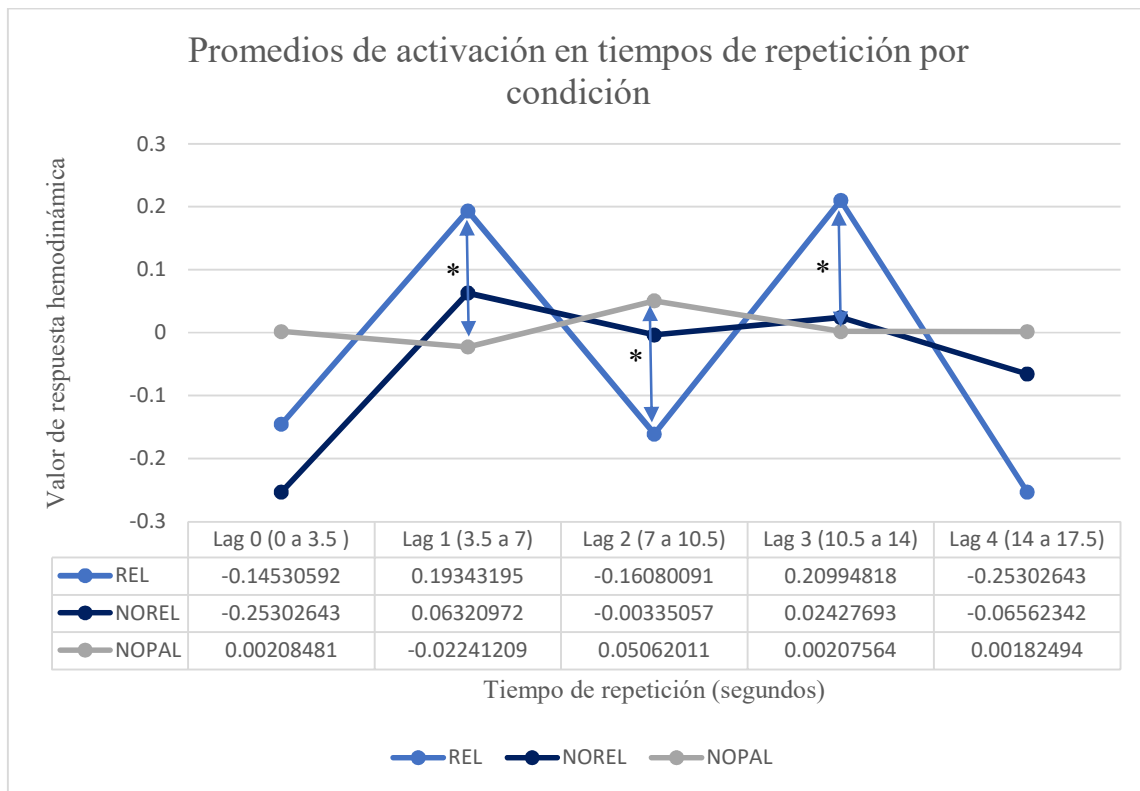
*Comparación de promedios de activación entre condición*



Variable dependiente	(I) Condición	(J) Condición	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig
Lag_0	Nopal	Norel	.030839499	.062380002	1.000
		Rel	.147390726	.062380002	.055
	Norel	Nopal	-.030839499	.062380002	1.000
		Rel	.116551227	.060949442	.168
	Rel	Nopal	-.147390726	.062380002	.055
		Norel	-.116551227	.060949442	.168
Lag_1	Nopal	Norel	-.085621808	.066079289	.586
		Rel	-.215844037*	.066079289	.003
	Norel	Nopal	.085621808	.066079289	.586
		Rel	-.130222229	.064563894	.132
	Rel	Nopal	.215844037*	.066079289	.003
		Norel	.130222229	.064563894	.132
Lag_2	Nopal	Norel	.053970674	.073828531	1.000
		Rel	.211421019*	.073828531	.013
	Norel	Nopal	-.053970674	.073828531	1.000
		Rel	.157450345	.072135422	.088
	Rel	Nopal	-.211421019*	.073828531	.013
		Norel	-.157450345	.072135422	.088
Lag_3	Nopal	Norel	-.022201289	.082311004	1.000
		Rel	-.207872542*	.082311004	.035
	Norel	Nopal	.022201289	.082311004	1.000
		Rel	-.185671253	.080423367	.063
	Rel	Nopal	.207872542*	.082311004	.035
		Norel	.185671253	.080423367	.063
Lag_4	Nopal	Norel	.067448356	.092444124	1.000
		Rel	.254851368*	.092444124	.018
	Norel	Nopal	-.067448356	.092444124	1.000
		Rel	.187403012	.090324104	.115
	Rel	Nopal	-.254851368*	.092444124	.018
		Norel	-.187403012	.090324104	.115

**Nota:** \* La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05

Ajuste para varias comparaciones: Bonferroni



**Nota:** Los promedios de activación pertenecen a las 18 regiones de interés.

\* La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05

Ajuste para varias comparaciones: Bonferroni

El segundo análisis de varianza de un factor, no se obtuvieron diferencias significativas entre los promedios de la respuesta hemodinámica en cada tiempo de repetición (Lags) cuando se compararon por regiones (Lag 0:  $F=.466$ ,  $Sig=.968$ ; Lag 1:  $F=.643$ ,  $Sig=.859$ ; Lag 2:  $F=.643$ ,  $Sig=.859$ ; Lag 3:  $F=.435$ ,  $Sig=.977$ ; Lag 4:  $F=.324$ ,  $Sig=.996$ ).

Graficas de Lags

Se realizó un análisis cualitativo de la señal del efecto BOLD para las regiones que según la teoría se activan de manera diferenciada cuando se realiza el procesamiento semántico mediado (Sass et al., 2009; Tivarus et al., 2006).

## Análisis cualitativo

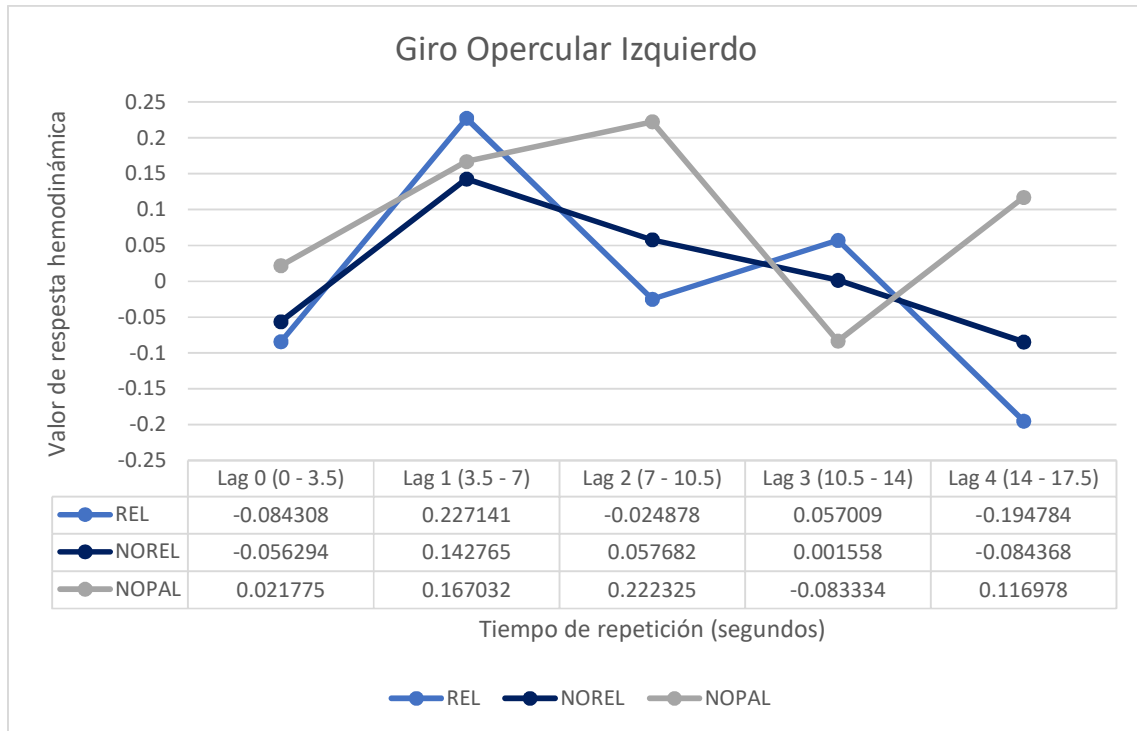
En el análisis cualitativo de la activación por condición obtuvimos diferentes patrones de activación cerebral. Para los pares de palabras con relación indirecta se mostró un aumento de la activación en regiones frontales, en el Giro Opercular esta activación fue menor que para las otras condiciones (Lag2 NOPAL>NOREL>REL) mientras que en el Giro Triangular fue mayor que para NOPAL y NOREL respectivamente (Lag2 REL>NOPAL>NOREL) (ver Figura 7 y 8).

En el GTSa (Giro Temporal Superior en su porción anterior) se observó un incremento en la señal para NOPAL en comparación con NOREL y una supresión de la señal para REL (ver Figura 9). En GTMa hubo una activación para NOREL y una supresión para mayor para REL que para NOPAL (ver Figura 10). En GTLa se encontró una activación para REL y para NOPAL y una supresión para NOREL (ver Figura 11). Finalmente, en la Ínsula se registró un aumento de la señal mayor para NOPAL vs NOREL y una supresión para REL (ver Figura 12).

En regiones parietales del hemisferio derecho se mostró un incrementó de la actividad para REL en su porción supramarginal, mayor que para NOREL y NOPAL (ver Figura 14). Además, en el Giro Angular se observó una supresión de la activación mayor para NOPAL, esta supresión fue mayor que para REL y se registró una activación para NOREL (ver Figura 15).

**Figura 10.**

*Respuesta hemodinámica del Giro Opercular Izquierdo por condición*

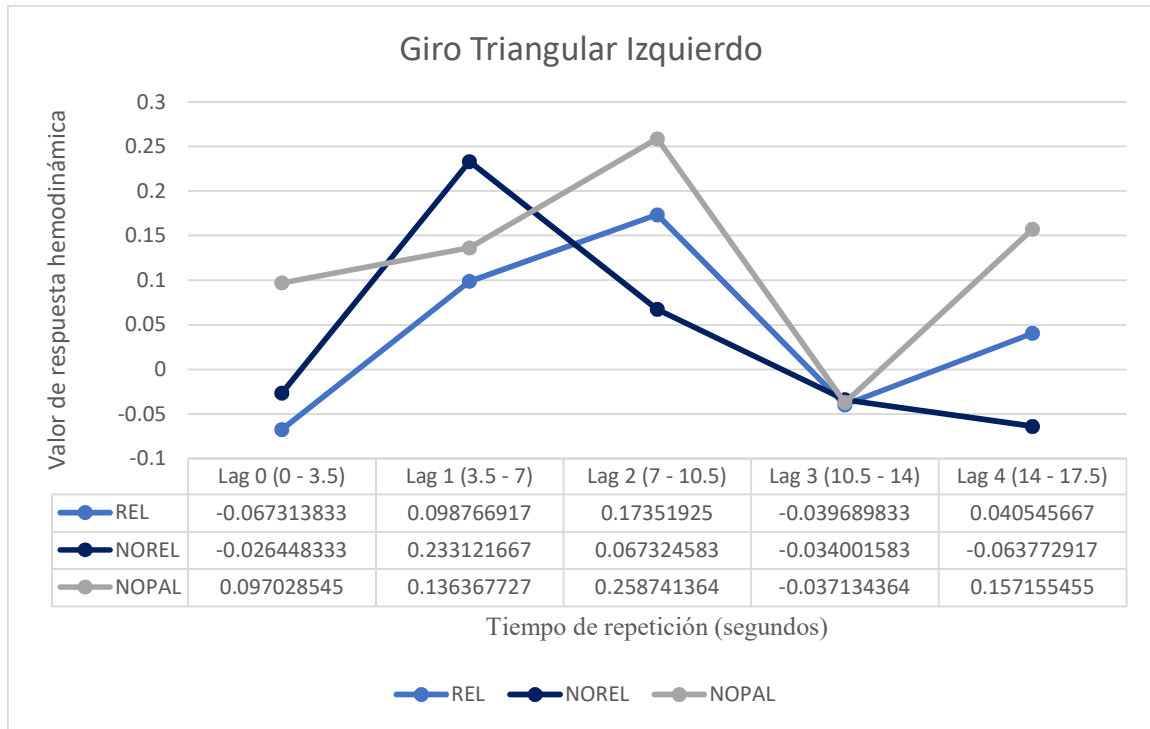


*Nota:* La gráfica muestra la respuesta hemodinámica del Giro Opercular Izquierdo a través de cada tiempo de repetición (duración de 3500 ms) por cada condición.

\* La diferencia entre condiciones es significativa al nivel 0.05

**Figura 11.**

*Respuesta hemodinámica del Giro Triangular Izquierdo por condición*

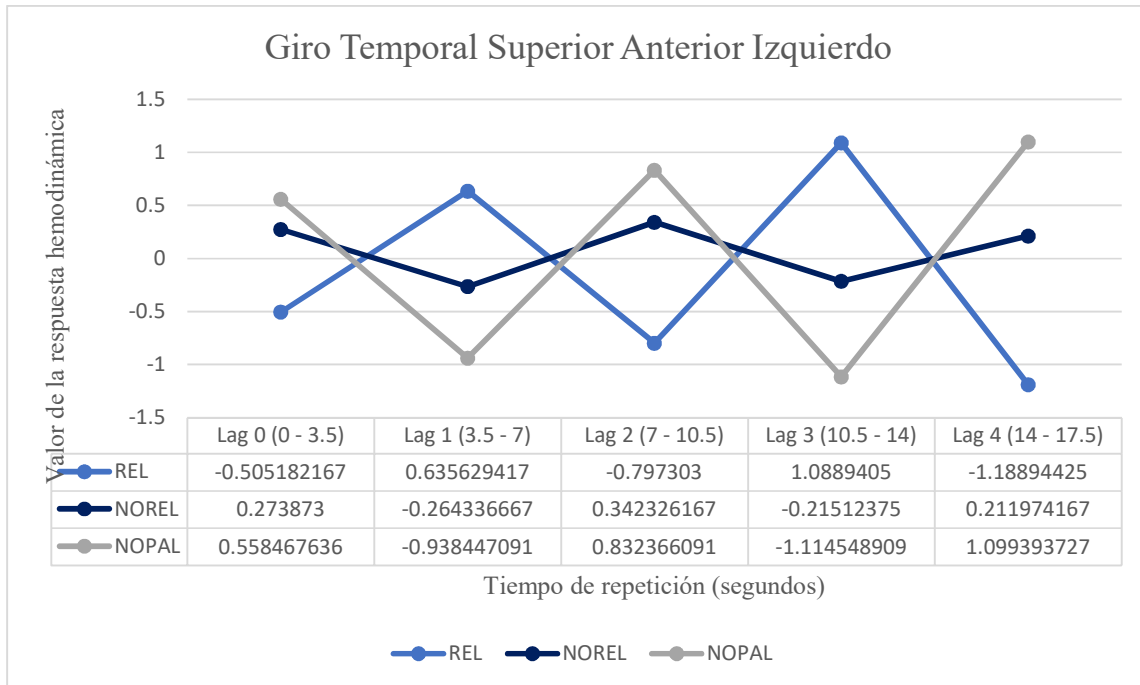


*Nota:* La grafica muestra la respuesta hemodinámica del Giro Triangular Izquierdo a través de cada tiempo de repetición (duración de 3500 ms) por cada condición.

\* La diferencia entre condiciones es significativa al nivel 0.05

**Figura 12.**

*Respuesta hemodinámica del Giro Temporal Superior Anterior Izquierdo*

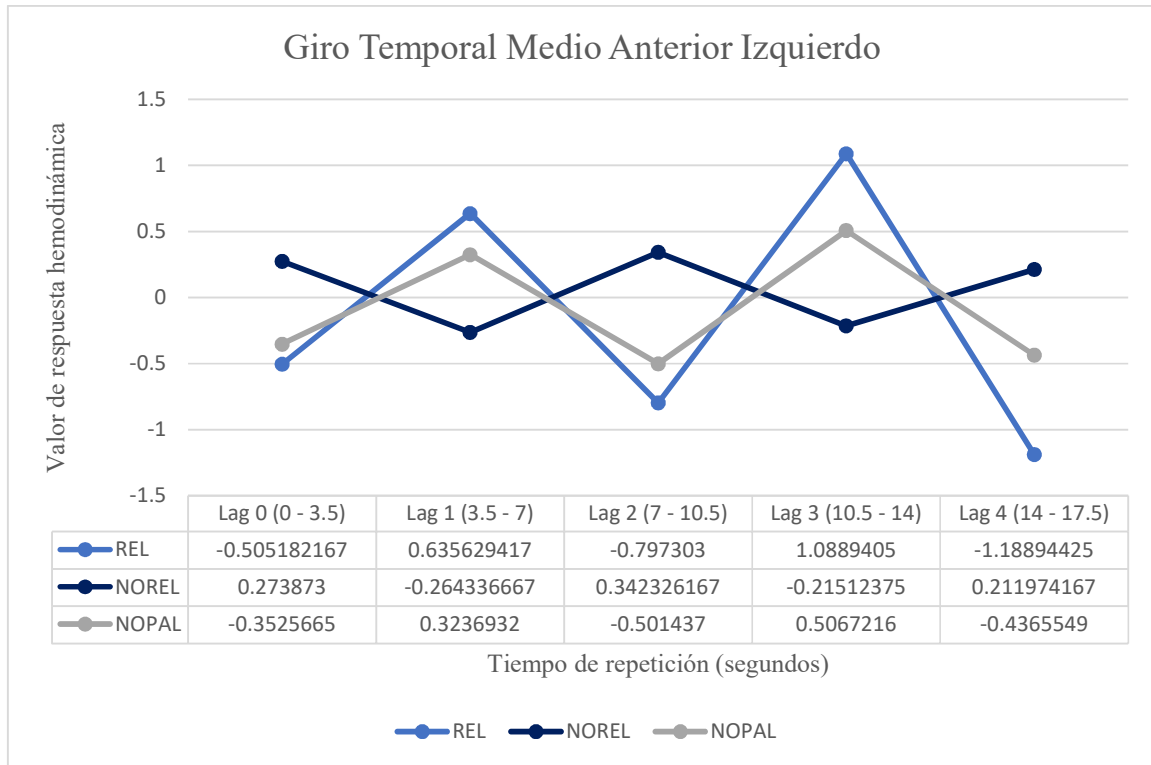


*Nota:* La grafica muestra la respuesta hemodinámica del Giro Temporal superior anterior Izquierdo a través de cada tiempo de repetición (duración de 3500 ms) por cada condición.

\* La diferencia entre condiciones es significativa al nivel 0.05

**Figura 13.**

*Respuesta hemodinámica del Giro Temporal Medio Anterior Izquierdo*

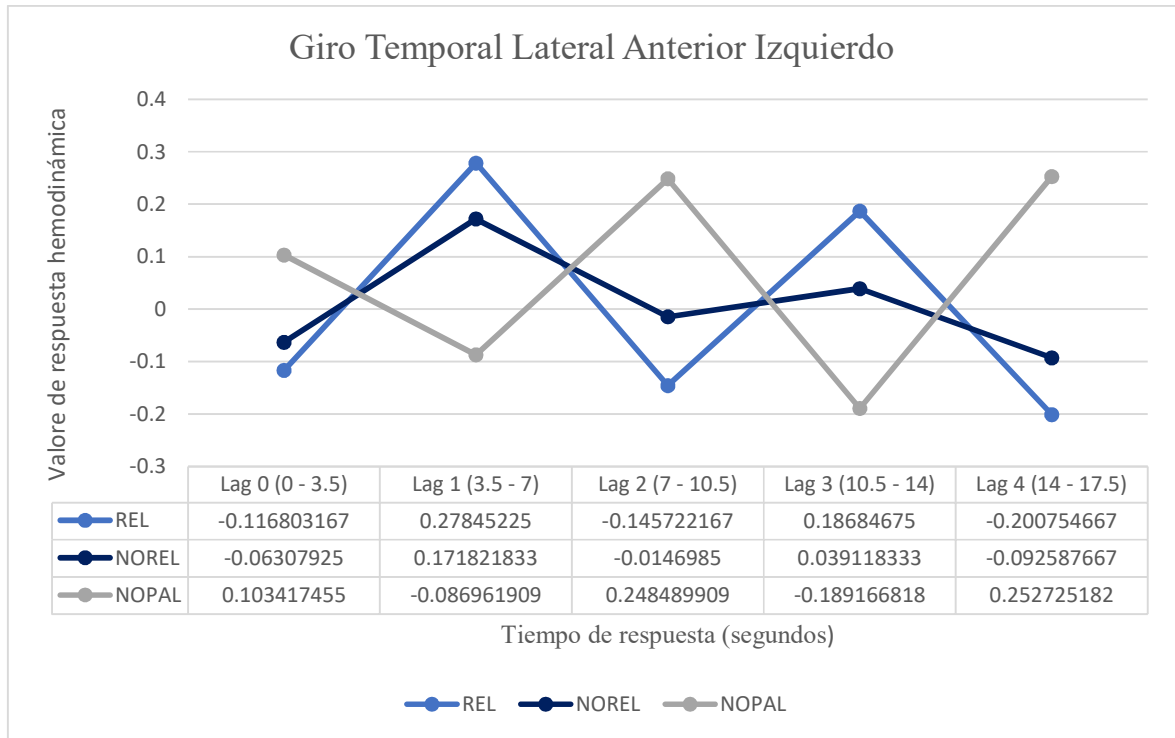


*Nota:* La grafica muestra la respuesta hemodinámica del Giro Temporal medio anterior Izquierdo a través de cada tiempo de repetición (duración de 3500 ms) por cada condición.

\* La diferencia entre condiciones es significativa al nivel 0.05

**Figura 14.**

*Respuesta hemodinámica del Giro Temporal Lateral anterior Izquierdo por condición.*



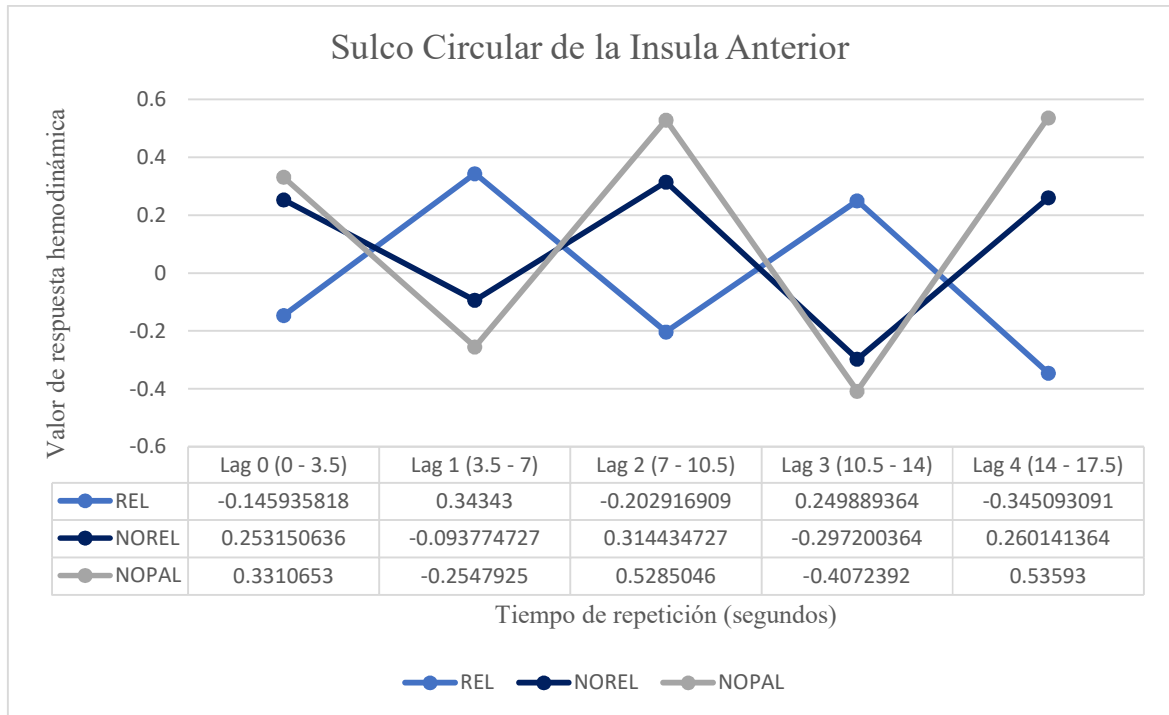
*Nota:* La grafica muestra la respuesta hemodinámica del Giro Temporal lateral anterior Izquierdo a través de cada tiempo de repetición (duración de 3500 ms) por cada condición.

\* La diferencia entre condiciones es significativa al nivel 0.05



**Figura 15.**

*Respuesta hemodinámica del Sulco Circular de la Ínsula Anterior por condición*

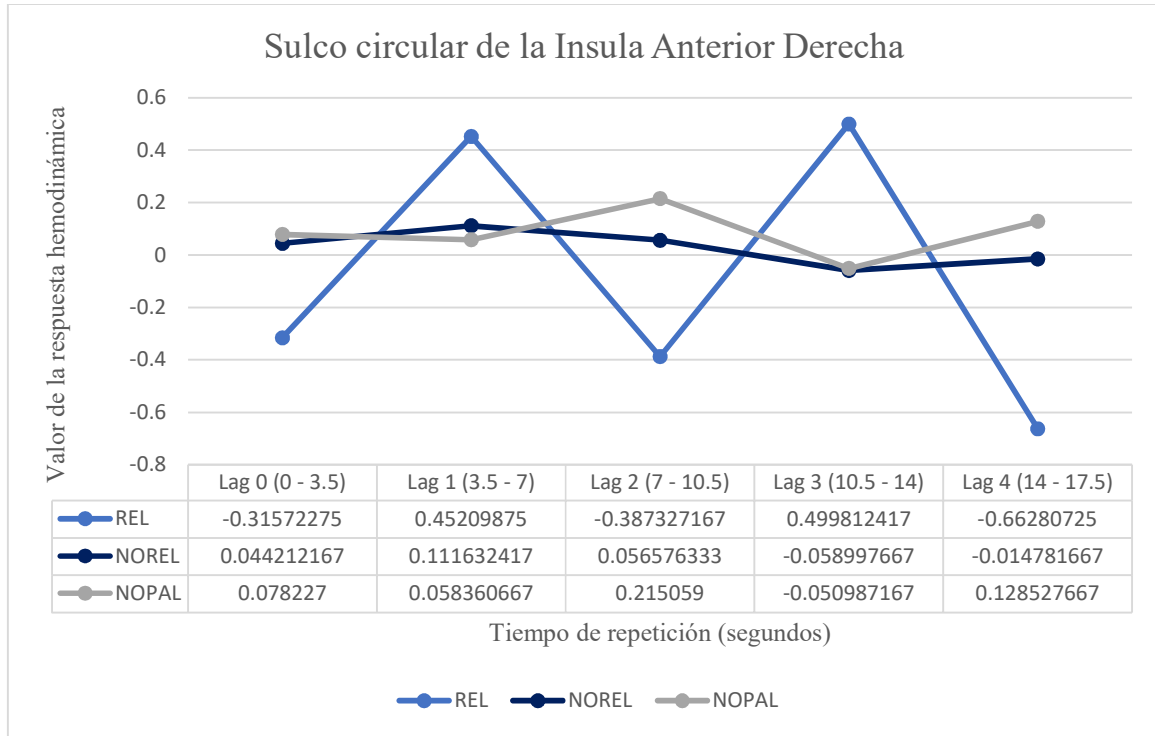


*Nota:* La grafica muestra la respuesta hemodinámica del Sulco Circular de la Ínsula lateral izquierda a través de cada tiempo de repetición (duración de 3500 ms) por cada condición.

\* La diferencia entre condiciones es significativa al nivel 0.05

**Figura 16.**

*Respuesta hemodinámica del SCIA derecho*

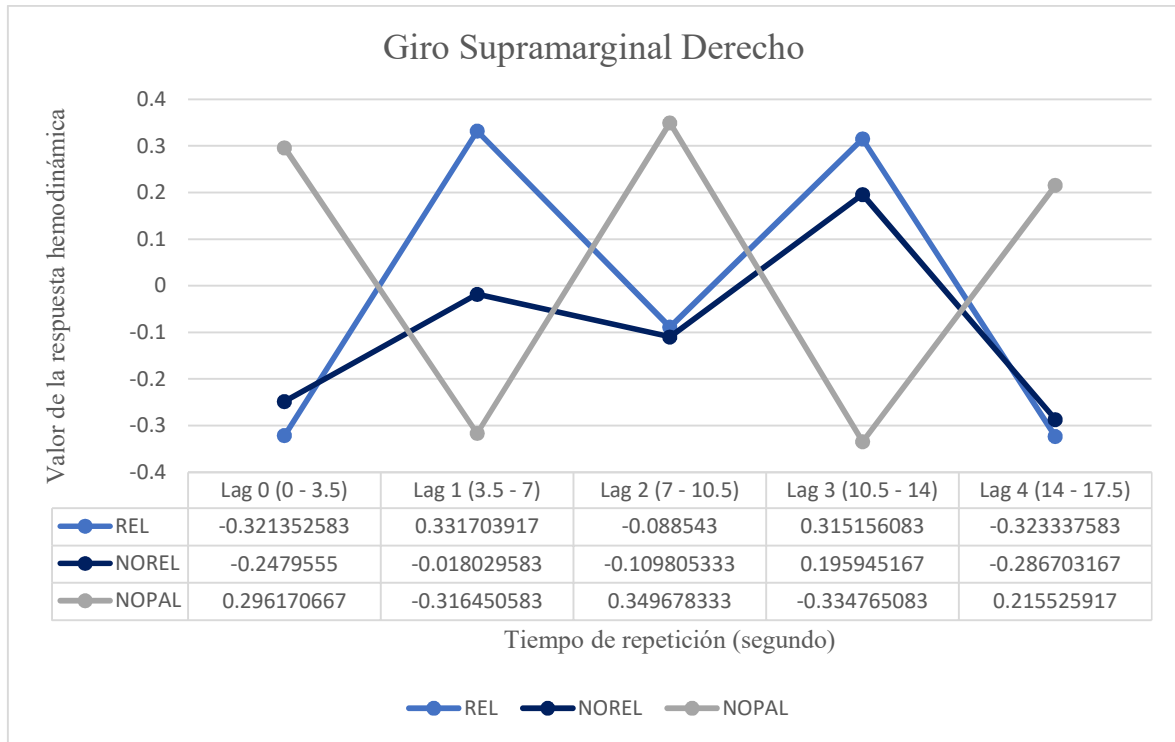


*Nota:* La grafica muestra la respuesta hemodinámica del Sulco circular de la Ínsula anterior derecha Temporal a través de cada tiempo de repetición (duración de 3500 ms) por cada condición.

\* La diferencia entre condiciones es significativa al nivel 0.05

**Figura 17.**

*Respuesta hemodinámica del Giro Supramarginal derecho por condición.*

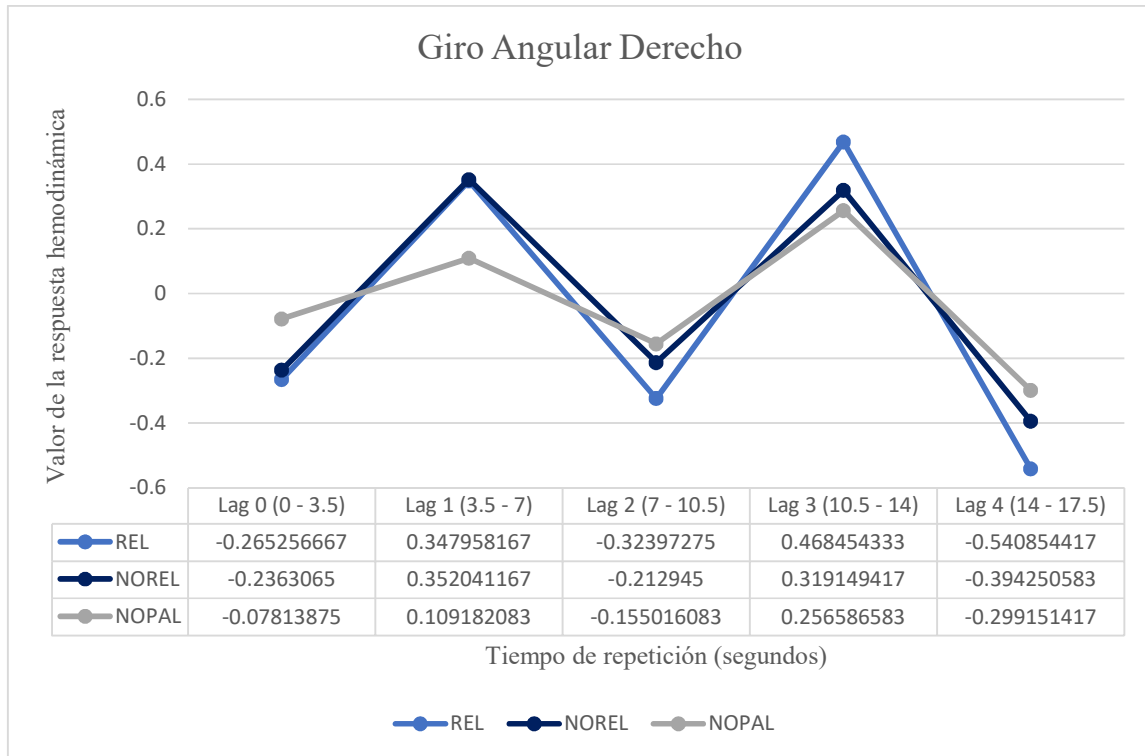


*Nota:* La grafica muestra la respuesta hemodinámica del Giro Supramarginal derecho a través de cada tiempo de repetición (duración de 3500 ms) por cada condición.

\* La diferencia entre condiciones es significativa al nivel 0.05

**Figura 18.**

*Respuesta hemodinámica del Giro Angular Derecho por condición*



*Nota:* La grafica muestra la respuesta hemodinámica del Giro Angular derecho a través de cada tiempo de repetición (duración de 3500 ms) por cada condición.

\* La diferencia entre condiciones es significativa al nivel 0.05

## Discusión

La presente investigación tuvo como objetivo principal determinar si existen diferencias en la actividad hemodinámica cerebral de las regiones perisilvianas, dorsolaterales frontales, cíngulares y temporales inferiores durante el *priming* semántico mediado que ocurren a partir de la utilización de estrategias postléxica de integración semántica. Para esto, se creó una tarea de decisión léxica con tres condiciones: pares de palabras relacionadas indirectamente (mantel – silla); pares de palabras no relacionadas (caracol – vestido) y no palabras (tazón – celgo). Con un SOA de 800 ms y una proporción baja de pares relacionados.

De manera inicial se analizaron los resultados conductuales en los que se obtuvo un promedio elevado de respuestas correctas, esto nos indica que los resultados no están influenciados por el azar y por lo tanto fueron provocados por la tarea experimental.

En los análisis realizados al tiempo de respuesta no encontramos un efecto de *priming* mediado significativo, es decir, no se encontraron tiempos de respuesta (TR) más cortos en esta condición en comparación de las otras (NOREL y NOPAL). Esto está en concordancia con los resultados mostrados por Jones (2012) en los que encontró un efecto de facilitación mediada en TDL estándar solo con SOAs de 1000 ms en pares con fuerza de asociación baja.

La ausencia del efecto de facilitación mediada ocurre debido a que la baja fuerza de asociación en los pares utilizados provoca que el sistema cognitivo utilice mecanismos postléxicos de integración semántica, que aparecen temporalmente después de los 800 ms.

De igual manera se encontraron TR más cortos para la condición NOPAL, en comparación de las otras condiciones (REL, NOREL), sin embargo, estos no fueron estadísticamente significativos. Además, se observaron tiempos de respuesta más elevados para la condición NOREL, en comparación de la condición REL y NOPAL, respectivamente.

Las diferencias entre la condición NOREL y REL, donde se pueden observar TR menores para REL, son similares a los mostrados por Chwilla et al., 2000; Sass et al., 2009. Estos se deben a que en la condición REL, la aparición del *target* propicia la identificación léxico/semántica y hace que la respuesta sea más rápida. La ausencia de relación semántica en la condición NOREL provoca TR mayores. Por otra parte, los TR más cortos para NOPAL en comparación con REL y NOREL puede señalar que los participantes identificaban estos ítems como estímulos no léxicos, y esto propicia una facilitación en su TR.

Los resultados obtenidos difieren de los hallazgos mostrados por Tivarus et al., (2006) en los que encontraron diferencias significativas en los tiempos de reacción según la condición de los pares de palabras: Relación indirecta (verano – nieve) vs No relacionadas (agua – computadora). Es importante mencionar que utilizaron un SOA de 700ms y la misma proporción de pares en esas condiciones que en esta investigación. Sin embargo, las diferencias pueden deberse a la fuerza de asociación de los pares, pero esta no fue registrada en su investigación.

Curso de tiempo de la señal BOLD

No existieron diferencias en los niveles de activación de las regiones dada la condición presentada ya que las comparaciones entre los promedios de activación entre regiones por condiciones no mostraron diferencias significativas. Estos resultados son contradictorios a los encontrados en otras investigaciones donde se observó que ciertas regiones se activaban de manera diferenciada según la relación semántica entre los pares.

La ausencia de diferencias estadísticamente significativas en los niveles de la actividad BOLD nos indica que nuestro paradigma experimental no provocó estos efectos y esto puede ser explicado debido al número de participantes utilizados. Existen diferentes investigaciones que basan sus objetivos en develar los problemas del tamaño de la muestra en la generalización de los resultados y el tamaño del efecto, obteniendo que cuando se utilizan menos de 25 participantes los estudios carecen de poder estadístico y por lo tanto los resultados incluyen muchos falsos positivos, e impacta directamente en el tamaño del efecto (Murphy & Garavan, 2004; Turner, Paul, Miller, & Barbey, 2018).

Se pudo observar que desde el Lag 0 ya se muestran diferencias en los patrones de activación según la condición que se esté procesando, y esto puede ser explicado debido a la velocidad con la que el sistema cognitivo opera. Los estudios con electrofisiología encuentran cambios en la activación de poblaciones neuronales 400 ms después de la presentación del estímulo *target* que están relacionados con el procesamiento semántico (Kutas & Federmeier, 2011).

También el ANOVA de un factor mostró un patrón de señal BOLD en el que el nivel de activación en el Lag 1 es REL > NOREL > NOPAL y en el Lag 2 es NOPAL > NOREL > REL. Es decir, hay un aumento en la activación cerebral para el procesamiento de pares de palabras con relación indirecta con respecto a pares no relacionado y a pares de

palabra – pseudopalabra los primeros 3.5 segundos después de la presentación del *target* y 7 segundos después el nivel de activación de REL decrementa a un nivel más bajo que, durante la presentación de la tarea, mientras que la actividad de NOPAL incrementa. Un patrón similar ocurre con NOREL, sin embargo, no alcanza una activación tan alta como REL y tampoco tan baja en el Lag 2.

En el ANOVA donde la variable Condición fue el factor se observaron diferencias significativas, sin embargo, esto no ocurrió cuando se analizó con la variable Región como factor. Esto indica que cuando se compara la actividad de la región contra sí misma, no hay grandes diferencias en la activación de la señal BOLD. Lo anterior también puede ser ocasionado por el tamaño de la muestra que es pequeño (N=12), aumentando el número de participantes, el ruido disminuiría y el tamaño del efecto tendería a aumentar.

A pesar de los resultados estadísticos, los análisis cualitativos de la señal describen las diferencias en su curso temporal según la región y nos muestran un patrón de activación particular para cada condición, a continuación, se discutirán estos resultados.

El aumento de la actividad en el Giro Frontal y el Giro Opercular para el procesamiento de pseudopalabras en contraste con las otras condiciones señala debido que el sistema cognitivo emplea más recursos en la búsqueda léxica de una pseudopalabra en comparación de una palabra (Binder et al., 2003; Mechelli, Gorno-Tempini, & Price, 2003; Schuster, Scharinger, Brooks, Lahiri, & Hartwigsen, 2018).

En REL se registró un aumento de la señal en el Giro Opercular, esto indica que existe una facilitación en la recuperación léxico-semántica para los pares con relación indirecta en comparación a los otros (Tivarus et al., 2006). Sin embargo, es importante



mencionar que la diferencia en la activación del Giro Opercular y el Giro Triangular puede deberse a que regiones anteriores responden de manera diferenciada a mecanismos automáticos y regiones posteriores a mecanismos controlados (Badre, Poldrack, Paré-Blagoev, Insler, & Wagner, 2005).

Además, en la condición REL se muestra una supresión de la señal en el GTS y GTM en regiones posteriores y anteriores lo que indica que se utilizan menos recursos cognitivos que para las otras condiciones, este efecto puede ser propiciado por la relación semántica entre los pares, dado que para NOREL y NOPAL se muestra una activación mayor.

El Lóbulo Temporal Anterior ha reportado ser una región amodal de procesamiento de información, es decir, almacena información más abstracta de las representaciones conceptuales, no dependientes de la modalidad y está en lo más alto de la jerarquía de procesamiento de la información. Por tanto, coordina y organiza la actividad de áreas de procesamiento multimodal, bimodal y unimodal (Kuhnke, Kiefer, & Hartwigsen, 2021). Por lo tanto, el decremento de la señal puede denotar que el LTA no está siendo tan demandado para la de la búsqueda, selección y recuperación léxica como para NOREL y NOPAL.

Las regiones posteriores del Lóbulo Temporal se han asociado al almacenamiento léxico-semántico (Lau et al., 2008) y por tanto la supresión de la señal en estas regiones indica que, en las palabras con relación indirecta, el *target* activa una huella de memoria similar a la evocado por el *prime*, dado su parecido semántico, y esto provoca que no demande tantos recursos como NOREL y NOPAL. La supresión en regiones temporales es similar a la encontrada por Sass et al., 2009 y Tivarus et al., 2006.

El incremento en la activación de regiones como la ínsula y el giro supramarginal, para REL en comparación con las otras condiciones, nos indica que la red atencional activada para la tarea de decisión léxica, está siendo más demandada para los pares con relación indirecta, lo que puede ser producto del uso de estrategias postléxicas (Rossell et al., 2001; Sass et al., 2009; Wong et al., 2020).

Conclusiones.

El presente estudio aporta evidencia de los correlatos neuronales del procesamiento de palabras con una relación semántica mediada durante una tarea de decisión léxica. Donde se utilizó un paradigma que propiciaba la utilización de mecanismos controlados de recuperación léxico-semántica, específicamente el emparejamiento semántico.

A pesar de no haber conseguido un efecto de *priming* mediado estadísticamente significativo, se pudieron observar TR mayores para la condición NOREL en contraste con las otras dos condiciones. Además, se analizó el curso temporal del efecto BOLD en 18 regiones de interés según las tres condiciones utilizadas y no se obtuvieron diferencias significativas en la activación entre ellas. Sin embargo, si se obtuvieron diferencias en el patrón de activación según la condición.

El análisis cualitativo señala una supresión de la activación en regiones frontales y temporales, así como una activación en regiones insulares y supramarginales que denotan el uso de estrategias post léxicas provocadas por nuestro paradigma experimental.

Finalmente, estos resultados deben ser tomados con precaución, dado que no se obtuvieron evidencias estadísticamente significativas. Por esta razón, es crucial resaltar la importancia del tamaño de la muestra en investigaciones donde se utiliza la metodología de la resonancia magnética funcional, dado que impacta de manera significativa en el poder estadístico de la investigación, y tiene implicaciones en el tamaño del efecto y en la replicabilidad de los resultados.

## Referencias

- Álvarez, J., Ríos-Lago, M., Hernández, J., Bargalló, N., & Calvo-Merino, B. (2008). Resonancia Magnética I. Resonancia Magnética Funcional. In F. Maestú, M. Ríos-Lago, & R. Cabestrero (Eds.), *Neuroimagen. Técnicas y procesos cognitivos* (pp. 27–64). Barcelona: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-84-458-1776-6.x5001-1>
- Anderson, J. R. (1983). A spreading activation theory of memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, *22*(3), 261–295. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(83\)90201-3](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(83)90201-3)
- Andover-Roig, D., Muñoz, E., Sánchez-Cubilo, I., & Miranda, R. (2014). Neurobiología de los sistemas de aprendizaje y memoria. In D. Redolar (Ed.), *Neurociencia Cognitiva* (p. 855). Panamericana.
- Armony, J. L., Trejo-martínez, D., & Hernández, D. (2012). Resonancia Magnética Funcional (RMf): Principios y aplicaciones en Neuropsicología y Neurociencias Cognitivas. *Neuropsicología Latinoamericana*, *4*(2), 36–50. <https://doi.org/10.5579/nl.2012.010>
- Badre, D., Poldrack, R. A., Paré-Blagoev, E. J., Insler, R. Z., & Wagner, A. D. (2005). Dissociable controlled retrieval and generalized selection mechanisms in ventrolateral prefrontal cortex. *Neuron*, *47*(6). <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2005.07.023>
- Barrón-Martínez, J. B., & Arias-Trejo, N. (2014a). Word Association Norms in Mexican Spanish. *The Spanish Journal of Psychology*, *17*(August 2018), E90. <https://doi.org/10.1017/sjp.2014.91>
- Barrón-Martínez, J. B., & Arias-Trejo, N. (2014b). Word association norms in Mexican Spanish. *Spanish Journal of Psychology*, *17*. <https://doi.org/10.1017/sjp.2014.91>
- Becker, C. A. (1980). Semantic context effects in visual word recognition: An analysis of semantic strategies. *Memory & Cognition*, *8*(6), 493–512. <https://doi.org/10.3758/BF03213769>
- Berko Gleason, Jean., & Bernstein Ratner, Nan. (1999). *Psicolingüística* (2nd ed.). Aravanca, Madrid: McGraw-Hill.
- Binder, J. R., McKiernan, K. A., Parsons, M. E., Westbury, C. F., Possing, E. T., Kaufman, J. N., & Buchanan, L. (2003). Neural Correlates of Lexical Access during Visual Word Recognition. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *15*(3), 372–393. <https://doi.org/10.1162/089892903321593108>
- Carlson, N. (2014). *Fisiología de la conducta* (11th ed.). Madrid : PEARSON EDUCACIÓN.

- Chwilla, D., Brown, C., & Hagoort, P. (1995). The N400 as a function of the level of processing. *Psychophysiology*, 32(3), 274–285. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1995.tb02956.x>
- Chwilla, D., Kolks, H., & Mulder, G. (2000). Mediated *Priming* in the Lexical Decision Task: Evidence from Event-Related Potentials and Reaction Time. *Journal of Memory and Language*, 42(3), 314–341. <https://doi.org/10.1006/jmla.1999.2680>
- Collins, A. M., & Loftus, E. F. (1975). A spreading-activation theory of semantic processing. *Psychological Review*, 82(6), 407–428. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.82.6.407>
- Collins, A. M., & Quillian, M. R. (1969). Retrieval time from semantic memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 8(2), 240–247. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(69\)80069-1](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(69)80069-1)
- Cuetos, Fernando., Gonzales, J., & Vega, M. de V. R. (2015). Procesamiento Semantico. In *Psicología del Lenguaje* (pp. 1–31).
- Ferrand, L., & New, B. (2003). Semantic and Associative *Priming* in the Mental Lexicon. In P. Bonin (Ed.), *The Mental Lexicon: “Some Words to Talk About Words”* (p. 25.43). New York: Nova Science Publishers. <https://doi.org/10.1.1.3.705>
- Franklin, M. S., Dien, J., Neely, J. H., Huber, E., & Waterson, L. D. (2007). Semantic *priming* modulates the N400, N300, and N400RP. *Clinical Neurophysiology*, 118(5), 1053–1068. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2007.01.012>
- Goebel, R. (2013). Revealing Brain Activity and White Matter Structure Using Functional and Diffusion Weighted Magnetic Resonance Imaging. In C. Stippich (Ed.), *Clinical Functional MRI. Presurgical Functional Neuroimaging* (2nd ed., pp. 13–60). Berlin: Springer.
- Gold, B. T., Balota, D. A., Jones, S. J., Powell, D. K., Smith, C. D., & Andersen, A. H. (2006). Dissociation of Automatic and Strategic Lexical-Semantics: Functional Magnetic Resonance Imaging Evidence for Differing Roles of Multiple Frontotemporal Regions. *Journal of Neuroscience*, 26(24), 6523–6532. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0808-06.2006>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta ed.). Mexico: Mc Graw Hill.
- Holderbaum, C. S., Sbicigo, J. B., Buchweitz, A., & De Salles, J. F. (2019). A systematic review of brain imaging studies of semantic *priming*. *Interação Em Psicologia*, 23(2), 197–207. <https://doi.org/10.5380/psi.v23i02.58553>
- Jones, L. L. (2010). Pure Mediated *Priming*: A Retrospective Semantic Matching Model. *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition*, 36(1), 135–146. <https://doi.org/10.1037/a0017517>

- Jones, L. L. (2012). Prospective and retrospective processing in associative mediated priming. *Journal of Memory and Language*, *66*(1), 52–67. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2011.08.005>
- Jones, L. L., & Estes, Z. (2012). Lexical Priming: Associative, Semantic, and Thematic Influences on Word Recognition. In S. Adelman (Ed.), *Visual Word Recognition* (Vol. 2, pp. 44–72). UK: Psychology Press.
- Kotz, S., Cappa, S., von Cramon, D., & Friederici, A. (2002). Modulation of the Lexical–Semantic Network by Auditory Semantic Priming: An Event-Related Functional MRI Study. *NeuroImage*, *17*(4), 1761–1772. <https://doi.org/10.1006/nimg.2002.1316>
- Kreher, D. A., Holcomb, P. J., & Kuperberg, G. R. (2006). An electrophysiological investigation of indirect semantic priming. *Psychophysiology*, *43*(6), 550–563. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2006.00460.x>
- Kuhnke, P., Kiefer, M., & Hartwigsen, G. (2021). Task-Dependent Functional and Effective Connectivity during Conceptual Processing. *Cerebral Cortex*, *31*(7), 3475–3493. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhab026>
- Kuperberg, G. R., Weber, K., Delaney-Busch, N., Ustine, C., Stillerman, B., Hämäläinen, M., & Lau, E. (2019). Multimodal neuroimaging evidence for looser lexico-semantic networks in schizophrenia: Evidence from masked indirect semantic priming. *Neuropsychologia*, *124*(February 2018), 337–349. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.10.024>
- Kutas, M., & Federmeier, K. D. (2011). Thirty Years and Counting: Finding Meaning in the N400 Component of the Event-Related Brain Potential (ERP). *Annual Review of Psychology*, *62*(1), 621–647. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.093008.131123>
- Lau, E. F., Phillips, C., & Poeppel, D. (2008). A cortical network for semantics: (de)constructing the N400. *Nature Reviews Neuroscience*, *9*(12), 920–933. <https://doi.org/10.1038/nrn2532>
- Martin, A., & Chao, L. L. (2001). Semantic memory and the brain: structure and processes. *Current Opinion in Neurobiology*, *11*(2), 194–201. [https://doi.org/10.1016/S0959-4388\(00\)00196-3](https://doi.org/10.1016/S0959-4388(00)00196-3)
- McNamara, T. P. (1992a). Priming and constraints it places on theories of memory and retrieval. *Psychological Review*, *99*(4), 650–662. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.99.4.650>
- McNamara, T. P. (1992b). Theories of Priming: I. Associative Distance and Lag. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *18*(6), 1173–1190. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.18.6.1173>

- McNamara, T. P. (1994). *Priming* and Theories of Memory: A Reply to Ratcliff and McKoon. *Psychological Review*, *101*(1), 185–187. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.101.1.185>
- McNamara, T. P. (2005). *Semantic priming*: Perspectives from memory and word recognition. In *Semantic Priming* (1st ed.). New York: Psychology Press. <https://doi.org/10.4324/9780203338001>
- McNamara, T. P., & Altarriba, J. (1988). Depth of spreading activation revisited: Semantic mediated *priming* occurs in lexical decisions. *Journal of Memory and Language*, *27*(5), 545–559. [https://doi.org/10.1016/0749-596X\(88\)90025-3](https://doi.org/10.1016/0749-596X(88)90025-3)
- Mechelli, A., Gorno-Tempini, M. L., & Price, C. J. (2003). Neuroimaging Studies of Word and Pseudoword Reading: Consistencies, Inconsistencies, and Limitations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *15*(2), 260–271. <https://doi.org/10.1162/089892903321208196>
- Meyer, D. E. (1970). On the representation and retrieval of stored semantic information. *Cognitive Psychology*. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(70\)90017-4](https://doi.org/10.1016/0010-0285(70)90017-4)
- Meyer, D. E., & Schvaneveldt, R. W. (1971). Facilitation in recognizing pairs of words: Evidence of a dependence between retrieval operations. *Journal of Experimental Psychology*, *90*(2), 227–234. <https://doi.org/10.1037/h0031564>
- Murphy, K., & Garavan, H. (2004). An empirical investigation into the number of subjects required for an event-related fMRI study. *NeuroImage*, *22*(2), 879–885. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2004.02.005>
- Neely, J. H. (1977). *Semantic priming* and retrieval from lexical memory: Roles of inhibitionless spreading activation and limited-capacity attention. *Journal of Experimental Psychology: General*, *106*(3), 226–254. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.106.3.226>
- Neely, J. H. (1991). *Semantic priming* effects in visual word recognition: A selective review of current findings and theories. In D. Besner & W. Humphreys (Eds.), *Basic processes in reading: Visual word recognition* (pp. 264–336). Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Neely, J. H., Keefe, D. E., & Ross, K. L. (1989). *Semantic Priming* in the Lexical Decision Task: Roles of Prospective Prime-Generated Expectancies and Retrospective Semantic Matching. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *15*(6), 1003–1019. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.15.6.1003>
- Purves, D. (2007). *Neurociencia* (3ra ed.). Médica Panamericana.
- Rains, D. (2004). *Principios de Neuropsicología Humana*. México : Mc Graw-Hill Interamericana .

- Ratcliff, R., & McKoon, G. (1988). A Retrieval Theory of *Priming* in Memory. *Psychological Review*, 95(3), 385–408. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.95.3.385>
- Ríos-Lago, M. (2008). Functional magnetic resonance and neuropsychology: Basic concepts. *Radiologia*, 50(5), 351–365. [https://doi.org/10.1016/S0033-8338\(08\)76050-8](https://doi.org/10.1016/S0033-8338(08)76050-8)
- Rissman, J., Eliassen, J. C., & Blumstein, S. E. (2003). An Event-Related fMRI Investigation of Implicit Semantic *Priming*. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15(8), 1160–1175. <https://doi.org/10.1162/089892903322598120>
- Rodríguez-Ferreiro, J. (2012). Semántica. In Fernando. Cuetos Vega (Ed.), *Neurociencia del Lenguaje Bases neurológicas e implicaciones clínicas* (1ra ed., pp. 93–109). Madr: Editorial Médica Panamericana.
- Rosch, E. (1973). Natural categories. *Cognitive Psychology*, 4(3), 328–350. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(73\)90017-0](https://doi.org/10.1016/0010-0285(73)90017-0)
- Rosch, E. (1975). Cognitive reference points. *Cognitive Psychology*, 7(4), 532–547. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(75\)90021-3](https://doi.org/10.1016/0010-0285(75)90021-3)
- Rossell, S. L., Bullmore, E. T., Williams, S. C. R., & David, A. S. (2001). Brain activation during automatic and controlled processing of semantic relations: a *priming* experiment using lexical-decision. *Neuropsychologia*, 39(11), 1167–1176. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(01\)00049-5](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(01)00049-5)
- Rossell, S. L., Price, C. J., & Nobre, A. C. (2003). The anatomy and time course of semantic *priming* investigated by fMRI and ERPs. *Neuropsychologia*, 41(5), 550–564. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(02\)00181-1](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(02)00181-1)
- Sass, K., Krach, S., Sachs, O., & Kircher, T. (2009). Lion – tiger – stripes: Neural correlates of indirect semantic *priming* across processing modalities. *NeuroImage*, 45(1), 224–236. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2008.10.014>
- Schuster, S., Scharinger, M., Brooks, C., Lahiri, A., & Hartwigsen, G. (2018). The neural correlates of morphological complexity processing: Detecting structure in pseudowords. *Human Brain Mapping*, 39(6), 2317–2328. <https://doi.org/10.1002/hbm.23975>
- Silva-Pereyra, J. (2008). *Métodos en las neurociencias cognoscitivas* (1ra ed.). Méxco, DF: Pax.
- Silva-Pereyra, J., Harmony, T., Villanueva, G., Fernández, T., Rodríguez, M., Galán, L., ... Reyes, A. (1999). N400 and lexical decisions: automatic or controlled processing? *Clinical Neurophysiology*, 110(5), 813–824. [https://doi.org/10.1016/S1388-2457\(99\)00009-7](https://doi.org/10.1016/S1388-2457(99)00009-7)
- Silva-Pereyra, J., Rivera-Gaxiola, M., Aubert, E., Bosch, J., Galán, L., & Salazar, A. (2003). N400 during lexical decision tasks: A current source localization study.



*Clinical Neurophysiology*, 114(12), 2469–2486. [https://doi.org/10.1016/S1388-2457\(03\)00248-7](https://doi.org/10.1016/S1388-2457(03)00248-7)

- Sirri, L., & Rämä, P. (2015). Cognitive and neural mechanisms underlying semantic priming during language acquisition. *Journal of Neurolinguistics*, 35, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.jneuroling.2015.01.003>
- Smith, E. E., Shoben, E. J., & Rips, L. J. (1974). Structure and process in semantic memory: A featural model for semantic decisions. *Psychological Review*, 81(3), 214–241. <https://doi.org/10.1037/h0036351>
- Tivarus, M. E., Ibinson, J. W., Hillier, A., Schmalbrock, P., & Beversdorf, D. Q. (2006). An fMRI Study of Semantic Priming: Modulation of Brain Activity by Varying Semantic Distances. *Cognitive and Behavioral Neurology*, 19(4), 194–201. <https://doi.org/10.1097/01.wnn.0000213913.87642.74>
- Tulving, E. (1972). Episodic and semantic memory. In E. Tulving & W. Donaldson (Eds.), *Organization of memory* (p. 24). New York.
- Tulving, E., & Schacter, D. L. (1990). Priming and human memory systems. *Science*, 247(4940), 301–306. <https://doi.org/10.1126/science.2296719>
- Turner, B. O., Paul, E. J., Miller, M. B., & Barbey, A. K. (2018). Small sample sizes reduce the replicability of task-based fMRI studies. *Communications Biology*, 1(1). <https://doi.org/10.1038/s42003-018-0073-z>
- Wong, S. T. S., Goghari, V. M., Sanford, N., Lim, R., Clark, C., Metzack, P. D., ... Woodward, T. S. (2020). Functional brain networks involved in lexical decision. *Brain and Cognition*, 138(November 2019), 103631. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2019.103631>
- Woolnough, O., Donos, C., Rollo, P. S., Forseth, K. J., Lakretz, Y., Crone, N. E., ... Tandon, N. (2021). Spatiotemporal dynamics of orthographic and lexical processing in the ventral visual pathway. *Nature Human Behaviour*, 5(3), 389–398. <https://doi.org/10.1038/s41562-020-00982-w>