



# VNiVERSiDAD D SALAMANCA

**Doctorado en Psicología**

**Efecto de la acción motora en la consolidación de las  
representaciones mentales**

**Cecilia Alejandra Vargas de la Cruz**

**Dirigida por**

**Dr. D. Emiliano Díez Villoria**

**Dra. D<sup>a</sup> M<sup>a</sup> Ángeles Alonso Rodríguez**

**Salamanca, 2020**

## **AGRADECIMIENTOS**

La realización de una tesis, como sucede con muchas cosas, es en cierto sentido un viaje sin fin. Un viaje largo y en ocasiones difícil, pero también lleno de momentos y personas únicas e insuperables. Todos esos momentos quedarán por siempre en mi recuerdo, y me gustaría agradecer el apoyo de estas personas que me han ayudado de diferentes maneras y es gracias a ellas que me he encontrado en este viaje y han hecho posible que el viaje terminara en buen puerto.

En primer lugar, tengo que mencionar que esta tesis ha sido posible gracias al programa de Becas de CONACYT para estudios de posgrado del gobierno mexicano, que me ha ofrecido la oportunidad incomparable de dedicarme a este trabajo y de aumentar mi formación.

Mis tutores, Emiliano Díez Villoria y Ma. Ángeles Alonso Rodríguez, merecen un agradecimiento especial por su implicación, orientación y apoyo. La dirección del trabajo que han realizado ha sido impecable y realmente no puedo pedir más por su parte a nivel académico, además han sido un gran apoyo a nivel personal, animándome en los momentos más complicados y animándome en los menos inspirados. Quisiera agradecer también el apoyo prestado por Emanuel Pedro B. Albuquerque, un referente para el campo de la memoria y una fuente de buenos consejos y momentos.

A mis padres y a mis hermanas me gustaría agradecerles de corazón, por su interés en mí, por los grandes momentos que hemos pasado durante estos años a la distancia y en la cercanía, y en general por estar siempre ahí. Finalmente quiero expresar mi mayor agradecimiento, cariño y admiración a mis padres, que siempre han estado conmigo y lo han dado todo por mí. Sin ellos no hubiera llegado hasta aquí ni sería como soy. No puedo expresar con palabras cuanto les agradezco todo el cariño y amor recibidos. Gracias

# ÍNDICE

<b>ÍNDICE</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>7</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>8</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>14</b>
<b>Capítulo 1. REPRESENTACIONES MENTALES</b>	<b>15</b>
Concepto de las representaciones mentales	16
Dimensiones de las aproximaciones teóricas de las representaciones	21
Teorías de la representación conceptual	27
Teorías simbólicas amodales	31
Teorías corpóreas secundarias	38
Teorías corpóreas débiles	41
Teorías corpóreas fuertes	47
Resumen y conclusiones	55
<b>Capítulo 2. DEBATE CRÍTICO DE LAS DIMENSIONES DE ORGANIZACIÓN TEÓRICA</b>	<b>57</b>
¿Se organizan los conceptos en categorías innatas o en propiedades corporales basadas en la experiencia?	57
Dominios específicos innatos	58
Propiedades de modalidad específica basadas en la experiencia	60
¿Cuál es el formato de representación de los conceptos, amodal o modal?	64
Representaciones amodales	65
Representaciones modales	67
Representaciones supramodales	76
¿Cuál es la dinámica de interacción entre el sistema semántico y el sistema sensorio-motor?	80
Patrón de activación de las representaciones	80
Dinámica de interacción de sistemas motores con el sistema conceptual	83
¿Las representaciones conceptuales son estables o son flexibles?	85
Resumen y conclusiones	89
<b>Capítulo 3. MEMORIA Y ACCIÓN</b>	<b>92</b>
Paradigmas de acción en la memoria	95
Paradigma enactment	97
Paradigma de tareas autoejecutables	98
Paradigma de interferencia motora	107
Paradigma de congruencia motora	111
Resumen y conclusiones	116
<b>OBJETIVOS</b>	<b>119</b>
<b>APARTADO EXPERIMENTAL</b>	<b>123</b>

<b>ESTUDIO NORMATIVO DE PALABRAS ASOCIADAS A LA ACCIÓN DE GIRAR Y PRESIONAR</b>	<b>124</b>
<i>Método</i>	124
<i>Resultados y discusión</i>	125
<b>Experimento 1. EFECTO DE LA ACCIÓN MOTORA EN LA CONSOLIDACIÓN DE LA MEMORIA</b>	<b>128</b>
<i>Método</i>	129
<i>Resultados y discusión</i>	131
<b>Experimento 2. EFECTO DEL NIVEL DE PROCESAMIENTO Y LA ACCIÓN EN LA CONSOLIDACIÓN DE MEMORIA</b>	<b>134</b>
<i>Método</i>	136
<i>Resultados y discusión</i>	137
<b>Experimento 3. EFECTO DEL NIVEL DE PROCESAMIENTO Y LA DESTREZA MOTORA EN LA CONSOLIDACIÓN DE MEMORIA</b>	<b>140</b>
<i>Método</i>	141
<i>Resultados y discusión</i>	143
<b>Experimento 4. EFECTO DE LA ACCIÓN MOTORA EN LA CONSOLIDACIÓN DE MEMORIA DE VÍDEOS E IMÁGENES DE PALABRAS DE ACCIÓN.</b>	<b>147</b>
<i>Método</i>	150
<i>Resultados y discusión</i>	153
<b>Experimento 5. EFECTO DE ACCIÓN MOTORA EN LA CONSOLIDACIÓN DE LA MEMORIA DE IMÁGENES Y PALABRAS DE OBJETOS</b>	<b>157</b>
<i>Método</i>	158
<i>Resultados y discusión</i>	162
<b>DISCUSIÓN GENERAL</b>	<b>165</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>182</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>186</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>226</b>
<b>Anexo 1. Cuadernillo de respuestas del estudio normativo.</b>	<b>226</b>
<b>Anexo 2. Palabras de presionar y girar obtenidas en el estudio normativo con la frecuencia de aparición entre los participantes, la posición de producción y la posición mínima y máxima de la palabra.</b>	<b>230</b>
<i>Anexo 3. Lista de Palabras en el experimento 1.</i>	<b>261</b>
<i>Anexo 3. Lista de Palabras en el experimento 2.</i>	<b>263</b>
<i>Anexo 4. Lista de Palabras en el experimento 3.</i>	<b>265</b>
<i>Anexo 5. Lista de Palabras en el experimento 4.</i>	<b>267</b>
<i>Anexo 6. Orden de presentación de Palabras en el experimento 5.</i>	<b>269</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vía dorsal y ventral del procesamiento visual (Gazzaniga, Ivry, & Mangun, 2014).....	18
Figura 2. a) Modelos de organización semántica basado en: categorías de entidades vivas y sin vida; y modelos de organización basados en propiedades visuales y funcionales. b) Interacción del sistema semántico basado en propiedades visuales y funcionales con los sistemas de inputs periféricos (Gazzaniga, Ivry, & Mangun, 2014).....	24
Figura 3. El circuito neuronal de objetos sin vida y objetos vivos asociados con categorías específicas. ....	59
Figura 4.. Modelo de procesamiento visual propuesto por Elizabeth Warrington (Gazzaniga, Ivry, & Mangun 2014). ....	62
<i>Figura 5.</i> Resultados de un análisis de resonancia magnética funcional (IRMf) que revela la activación producida por palabras sin categoría específica y la activación por palabras de cuatro tipos de categorías semánticas. Estos resultados son contrastados con patrones de activación producida por categorías de palabras individuales. Los circuitos de activación de categorías específicas semánticas están distribuidos en diferentes áreas en ambos hemisferios y los circuitos léxico-semánticos compartidas por palabras sin categoría específica se localizan en las áreas perisilvianas. La activación de las categorías específicas, confirman la predicción de los modelos distribuidos, así como de modelos más extensos. Adaptado de Pulvermüller y colaboradores (2009).....	71
Figura 6. La visión del corte lateral del hemisferio izquierdo y el corte dorsal del cerebro muestran el patrón de activación de palabras generales de ningún tipo específico (en naranja y marrón), así como la activación específica a palabras relacionadas con rostros (cian), brazos (morado), piernas (amarillo), y formas visuales (azul). Imagen adaptada del estudio de Pulvermüller (2012). ....	72
Figura 7. Interacción entre el sistema semántico y el sistema sensorio-motor según las teorías simbólicas, teorías intermedias supra-modales (secundarias y débiles) y las teorías corpóreas multi-modales. La implicación de otros procesos cognitivos como explicación de las interacciones está relacionada con la hipótesis de compromiso	

directo/ indirecto. Asimismo, la relación con los sistemas sensorio-motores describe el distinto grado de dependencia asociado a la hipótesis de necesidad propuesta por las teorías corpóreas. ....	80
Figura 8. Puntuación media de puntuación $d'$ para las palabras congruentes, neutrales e incongruentes en las condiciones de presionar y girar del experimento 1. Las barras representan la desviación estándar. ....	132
Figura 9. Puntuación media de puntuación $d'$ para las palabras congruentes, neutrales e incongruentes en las condiciones de presionar y girar del experimento 2. Las barras representan la desviación estándar. ....	139
Figura 10. Puntuación media de puntuación $d'$ para las palabras congruentes, neutrales e incongruentes en función del nivel de destreza manual del experimento 3 y del tipo de codificación (profunda y superficial). Las barras de error representan la desviación estándar. ....	144
Figura 11. Puntuación media de puntuación $d'$ para las palabras congruentes, neutrales e incongruentes en las condiciones de presionar y girar del experimento 4. Las barras representan la desviación estándar. ....	155
Figura 12. Procedimiento y materiales utilizados en el experimento 5. ....	161
Figura 13. Puntuación media de aciertos para las palabras congruentes y neutrales en función de las condiciones control (pronunciar en voz alta la respuesta) y experimental (presionar una tecla) del experimento 5. Las barras representan la desviación estándar. ....	163

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1.</i> Sistematización de las teorías de representaciones semánticas de acuerdo con cinco importantes dimensiones, adaptado de Kiefer & Pulvermüller (2012). .....	22
<i>Tabla 2.</i> Posiciones teóricas de la representación simbólica según continuum de corporeidad. Se distinguen cuatro grupos en relación a cuatro variables: el contenido semántico de las representaciones, la actividad neuronal relacionada, la implicación de los sistemas sensoriales y motores, el tipo de interacción con otros procesos cognitivos y los principales representantes de cada postura teórica. Los subgrupos de izquierda a derecha son: 1) Posición no corpórea, teorías simbólicas, 2) corporeidad secundaria, 3) corporeidad débil y 4) corporeidad fuerte. ....	30
<i>Tabla 3.</i> Estudios que han estudiado distintos paradigmas de memoria y el efecto producido. La acción se clasificó en tres categorías según su momento de ejecución: durante la (1) Codificación, (2) Consolidación o (3) Recuperación. ....	95
<i>Tabla 4.</i> Medias en distintos índices psicolingüísticos objetivos y subjetivos en función del tipo de palabra. ....	126
<i>Tabla 5.</i> Puntuación media de aciertos, falsas alarmas y valores $d'$ en el reconocimiento de ítem en Experimento 1. Las desviaciones estándar aparecen entre paréntesis. ....	132
<i>Tabla 6.</i> Puntuación media de aciertos, falsas alarmas, y valores $d'$ por ítems reconocidos en el Experimento 2. Las desviaciones estándar aparecen entre paréntesis. ....	138
<i>Tabla 7.</i> Puntuación media de aciertos, falsas alarmas, y valores $d'$ por ítems reconocidos en el Experimento 3 considerando el nivel de destreza manual (alta y baja) así como el nivel de procesamiento durante la codificación. Las desviaciones estándar aparecen entre paréntesis. ....	144
<i>Tabla 8.</i> Medias en distintos índices psicolingüísticos objetivos y subjetivos en función del tipo de palabra en el experimento 4. ....	151
<i>Tabla 9.</i> Puntuación media de aciertos, falsas alarmas y valores $d'$ en el reconocimiento de ítem en Experimento 4. Las desviaciones estándar aparecen entre paréntesis. ....	154
<i>Tabla 10.</i> Valores de puntuaciones medias del grupo de palabras de presionar y neutras. ....	159

## INTRODUCCIÓN

Las actividades que realizamos diariamente, como comprender el significado de las palabras, tomar decisiones, planear acciones o incluso mantener un discurso coherente, son posibles gracias a la representación mental de la información externa interiorizada mediante nuestros sentidos, así como su utilización en un contexto pertinente (Zwaan, 2014). Uno de los temas más estudiados en las últimas décadas es el relacionado con la representación del significado de los conceptos. El estudio de las representaciones ha estimulado nuevas y diversas investigaciones multidisciplinarias que intentan explicar la naturaleza de las representaciones y la forma de organización del significado de los conceptos a distintos niveles. Estos descubrimientos sentaron las bases de la ciencia cognitiva moderna, y han motivado el desarrollo de diversas teorías de la representación del significado de los conceptos, así como las nuevas direcciones a las que se va orientando el campo.

La investigación acerca de las representaciones mentales se ha enfocado en conocer ¿qué son las representaciones mentales?, ¿cuál es su naturaleza?, ¿qué tipo de información contienen?, ¿cómo se representan y organizan los conceptos en el cerebro?, ¿cuáles son los tipos?, ¿cuál es su función?, ¿para qué sirven?, ¿son necesarias? Y si son necesarias ¿por qué son necesarias? Las respuestas a estas preguntas conformaron las primeras teorías de la representación conceptual y constituyen el contenido del primer capítulo de esta tesis.

A partir del surgimiento de las teorías corporeizadas, ha resurgido el interés por investigar la implicación que tiene la acción en las representaciones y en la cognición. Según estas teorías, las representaciones que tenemos del mundo desempeñan un papel importante en nuestra cognición, puesto que diariamente nos permiten realizar actividades complejas como planificar el futuro, tomar decisiones, entender conceptos abstractos o recordar nuestro

camino a casa al evocar información que no está presente (Zwaan, 2014). Una de las hipótesis principales de las teorías corpóreas es que los procesos cognitivos de alto nivel como la memoria, el lenguaje, la imaginación dependen de los sistemas sensorio-motores involucrados durante la percepción, acción y emoción (Barsalou, 2009; de Vega, Glenberg, & Graesser, 2008; Gibbs, 2006; Pecher & Zwaan, 2005). Así, las funciones cognitivas complejas, como la memoria, sólo son posibles si disponemos de un sistema íntegro de representaciones mentales (Zeelenberg & Pecher, 2016).

Por un lado, en relación a la implicación de la acción en el lenguaje, existe una gran cantidad de evidencia empírica que sugiere que la activación de características sensorio-motoras favorece la comprensión de conceptos. Por otro lado, en el ámbito de la memoria, se ha observado que la acción influye positivamente en la memoria. Estos resultados son consistentes con la idea de que la memoria ha evolucionado en servicio de la percepción y la acción, pudiendo considerar a éstos como el contenido fundamental de la memoria.

Según Glenberg (1997) la capacidad de memorización se fue desarrollando para asegurar la supervivencia del humano en un ambiente hostil, en el que era necesario reconocer y codificar señales peligrosas ambientales para preparar al humano para la acción, la huida o la caza. La capacidad de los seres vivos para representar internamente su ambiente constituye la base de la evolución, ya que nos permiten realizar actividades complejas necesarias para la supervivencia del hombre en entornos cambiantes. Así, las personas almacenan en su memoria las experiencias episódicas peligrosas con el fin de facilitar su interacción con el entorno, de forma que van representando su mundo en función de patrones de acción. De ahí que la supervivencia en el mundo de cualquier criatura depende de su sistema de representación mental que le permita evitar personas/objetos y/o situaciones peligrosas (Clapin, Staines, & Slezak, 2004).

La evidencia empírica de la influencia de la acción en la memoria es escasa y ofrece

resultados contradictorios. Algunos estudios son consistentes con la idea de que la acción favorece la memoria (Downing-Doucet & Guérard, 2014; Engelkamp & Zimmer, 1983; Engelkamp, 1997; Guérard & Lagacé, 2014; Pecher, van Dantzig, Zwaan, & Zeelenberg, 2009; van Dam, Rueschemeyer, Bekkering, & Lindemann, 2013; Zeelenberg & Pecher, 2016; Zimmer & Engelkamp, 2003); mientras que otros estudios muestran resultados contrarios o ningún efecto (Pecher et al., 2013; Pecher, Wolters, Stolte & Zeelenberg, 2015; Pecher, Wolters, Scholte & Zeelenberg, 2019; Quak, Pecher, & Zeelenberg, 2014; Zeelenberg & Pecher, 2015; Zeelenberg, Remmers, Blaauwgeers & Pecher, 2020).

Específicamente, el estudio de las representaciones ha contribuido al desarrollo de nuevos paradigmas en el campo de la memoria, enfocados en analizar la implicación de la acción durante la codificación, consolidación y recuperación. Sin embargo, la mayoría de los estudios en el campo de la memoria se ha limitado en analizar la influencia de la acción durante la codificación y ha prestado menos atención a su implicación durante la consolidación o recuperación. Estudios previos realizados con el paradigma del enactment han demostrado que la ejecución de la acción durante la codificación favorece la formación de recuerdos duraderos (Engelkamp & Zimmer, 1983; Engelkamp, 1995, 1998; van Dam, et al., 2013; Zeelenberg & Pecher, 2016; Zimmer & Engelkamp, 2003). Debido a esta situación, a día de hoy no existen suficientes estudios que investiguen el efecto de la acción durante el intervalo de consolidación, provocando que el campo de investigación de la acción en memoria esté relativamente poco desarrollado, particularmente durante el proceso de consolidación.

En suma, la literatura presente hasta la fecha en el campo de las ciencias cognitivas acerca de las representaciones se ha enfocado, en su mayoría, a la implicación de la acción en el lenguaje y mucho menos a su influencia en la memoria. Aunque existe una gran cantidad de evidencia que sugiere que la información sensorio-motora parece ser importante para la

recuperación del conocimiento conceptual, la escasa evidencia en el campo de la memoria ofrece resultados controvertidos, por lo que no existe un acuerdo general sobre el papel que desempeña la acción en la memoria como potenciador del recuerdo de las representaciones de forma permanente. De ahí que es necesario conocer los factores que determinan la presencia de efectos de facilitación, interferencia o incluso la ausencia de efectos de la acción en la memoria. Quisiera destacar que dos de los experimentos presentados en esta tesis y elaborados en el laboratorio de Memoria y Cognición de la Universidad de Salamanca, han sido publicados recientemente junto con otros dos elaborados en la Universidad de la Laguna (Romero, Vargas, Alonso, Díez, & Fernandez, 2020). En el artículo se presentaron los resultados de cuatro experimentos que fueron diseñados para replicar y extender el efecto de congruencia motora propuesto por van Dam y colaboradores manipulándose variables que afectan a la codificación y a la consolidación, pero sin lograr replicar en ningún caso el efecto de congruencia esperado.

Esta tesis tiene como objetivo analizar la implicación de la acción en las representaciones semánticas y su papel en el proceso de memoria, específicamente en la consolidación de representaciones de memoria.

El paradigma empírico utilizado en toda la serie experimental de la tesis será el paradigma de congruencia motora desarrollado por van Dam y colaboradores (2013). Este paradigma explorará cómo la activación de representaciones motoras mediante la acción podría mejorar la memorización de palabras relacionadas con la acción. Este paradigma se describirá con detalle en los siguientes capítulos.

Los resultados obtenidos en esta tesis supondrían una importante contribución debido a varias razones:

1. En el campo de memoria, por un lado, podría contribuir al conocimiento de los factores que influyen la consolidación durante la vigilia y la reconsolidación, de las

condiciones presentes después del aprendizaje que modulan la retención a largo plazo.

2. En el campo clínico permite abrir la posibilidad de nuevas intervenciones de aprendizaje implícito post codificación cuando es imposible el aprendizaje intencional explícito.
3. En el campo de las ciencias cognitivas, posibilita poner a prueba empíricamente las hipótesis de las teorías corpóreas. Y a su vez permite investigar nuevos objetivos estimulados por las propuestas conciliadoras de las teorías de corporeidad débiles y secundarias.
4. Permite la comprobación de un nuevo paradigma que podría contribuir al estudio de las representaciones de la memoria de acción. Aunque el paradigma de congruencia ha sido utilizado ampliamente en los estudios corpóreos, no existe un solo estudio además del original de van Dam (2013), que aborde el paradigma de la congruencia motora.
5. Esta tesis resalta también la importancia de replicar estudios y paradigmas aceptados y reconocidos en el campo de la psicología. El efecto de congruencia motora observado por van Dam y colaboradores (2013) no ha sido replicado, siendo esta una de las principales motivaciones de su estudio.

Respecto a la organización de esta tesis. En el primer capítulo, se revisará el concepto de representación junto con las distintas teorías de representación del significado conceptual más representativas de los últimos años y sus autores más importantes. Posteriormente, en el segundo capítulo se analizará la evidencia comportamental, neuropsicológica y neurocientífica que pone a prueba la hipótesis corpórea de implicación directa y necesaria de los sistemas sensorio-motores. A lo largo de este capítulo se responderán a cuatro cuestiones

relacionadas con las dimensiones que distinguen las diferentes posturas teóricas. Finalmente, en el capítulo 3 se describirán algunos de los paradigmas de memoria que han estudiado el efecto de la acción en la memoria en los últimos años. Se concluirá con una descripción del paradigma de congruencia motora utilizado en la serie experimental.

## MARCO TEÓRICO

### Capítulo 1. Representaciones mentales

1. Concepto de las representaciones mentales
2. Dimensiones de las teorías de la representación
3. Teorías de la representación mental
  - 3.1. Teorías simbólicas amodales
  - 3.2. Teorías corpóreas secundarias
  - 3.3. Teorías corpóreas débiles
  - 3.4. Teorías corpóreas fuertes
4. Resumen y conclusiones

### Capítulo 2. Debate crítico de las dimensiones de organización teórica

1. ¿Se organizan los conceptos en categorías innatas o por propiedades?
2. ¿Cuál es el formato de representación de los conceptos: amodal o modal?
3. ¿Cuál es la dinámica de interacción entre el sistema semántico y el sistema sensorio-motor?
4. ¿Las representaciones conceptuales son estables o son flexibles?
5. Resumen y conclusiones

### Capítulo 3. Memoria y acción

1. Paradigmas de acción en memoria
2. Efecto de la interferencia
3. Efecto de similitud motora
4. Efecto de aislamiento motor
5. Efecto de congruencia motora
6. Resumen y conclusiones

## Capítulo 1. REPRESENTACIONES MENTALES

En este capítulo de la tesis, trataré de explicar a qué nos referimos cuando hablamos de representaciones mentales. Aunque se han sugerido una gran variedad de definiciones y términos de las representaciones, el concepto de representación mental es entendido aquí en un sentido amplio como los conocimientos y recuerdos que tenemos del mundo.

La revisión teórica que conforma este capítulo tiene como objetivo principal describir las principales posturas teóricas que explican cómo el significado conceptual es representado y organizado a nivel cognitivo y neuronal. Particularmente se analizarán las principales teorías de la representación semántica y los temas más relevantes explorados a lo largo de los últimos años, así como los temas de debate que dominan la investigación cognitiva actual.

Con respecto a la organización de este capítulo, en primer lugar, iniciaré con la definición y desarrollo de algunos conceptos clave relacionados con el contenido de las representaciones. Posteriormente, realizaré una breve revisión de los hallazgos empíricos más importantes observados en las últimas décadas que dieron lugar a las primeras posturas teóricas. Finalmente, describiré en detalle las teorías más recientes junto con sus autores más representativos, sus características fundamentales, las dimensiones que las distinguen. Con el fin de encuadrar las diversas teorías de la representación conceptual, éstas se sistematizarán en función de un continuo según el nivel de corporeidad en cuatro grupos: 1) teorías corpóreas fuertes, 2) teorías corpóreas débiles, 3) teorías secundarias, y 4) teorías simbólicas no corpóreas. Asimismo, las teorías presentadas se distinguirán entre sí según cuatro dimensiones: formato (modal vs. amodal), organización cerebral (distribuida vs local), flexibilidad (estable vs. flexible) y formación conceptual (innato vs. experiencia).

Considerando que el objetivo final de la tesis es determinar si la acción tiene un

papel fundamental en las representaciones conceptuales, en línea con las hipótesis de las teorías corpóreas, la revisión teórica presentada en este capítulo tiene gran importancia para la elaboración de la tesis debido a que proporciona un marco teórico de referencia para relacionar la teoría y los resultados empíricos que se intentaron replicar en la parte experimental.

### **Concepto de las representaciones mentales**

Nuestro conocimiento y los recuerdos que forman parte de nuestra identidad constituyen la representación mental que tenemos del mundo. Por ejemplo, cuando somos capaces de regresar a nuestra casa todos los días sin equivocarnos, significa que hemos adquirido una representación interna del camino, el aspecto de nuestra casa, la dirección que tenemos que seguir, donde dar vuelta y qué calles evitar porque son peligrosas. Esta información conforma nuestras representaciones del mundo y constituye el centro de nuestra cognición. La representación mental está formada por modelos internos del ambiente que representan objetos externos, relaciones y/o situaciones (Clapin, Staines, & Slezak, 2004).

Existen muchos tipos y objetos de representación. Las representaciones pueden ser de distinto tipo según se expresen de una forma natural como representaciones pictóricas; o por convención social como representaciones lingüísticas. El objeto de las representaciones puede ser físico (casa), no físico (conceptos abstractos, ideas, pensamientos o estados mentales) o inexistente (unicornios, fantasmas) (Caplin, et al., 2004; Crane, 2016).

Las representaciones pueden simbolizar cosas que no existen, objetos no físicos, entidades que no se pueden observar en el mundo real como conceptos abstractos, pensamientos o estados mentales. Y aunque solo existen en nuestra imaginación como Santa Claus, el Ratoncito Pérez o los dragones, también pueden ser objeto de representación como cualquier objeto que podemos tocar. También pueden ser de tipo abstracto como diagramas, números o conceptos como “justicia”. Así, por ejemplo, los diagramas representan los átomos

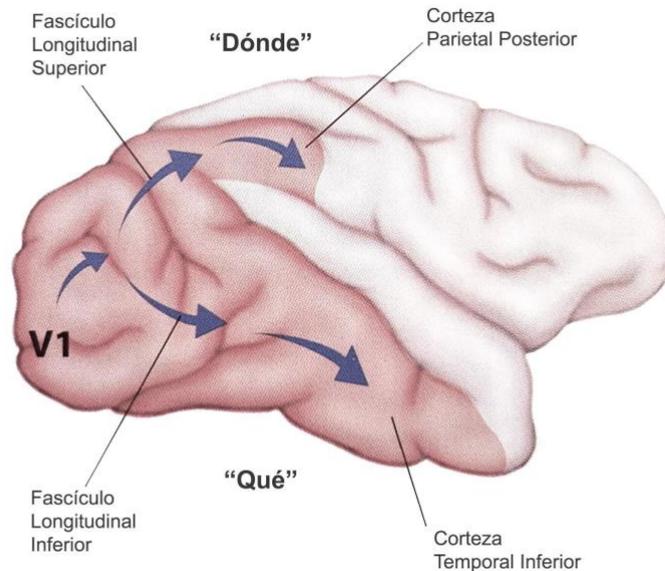
del agua, los números pueden representar la longitud de un objeto, los ceros y unos en una computadora pueden representar imágenes o texto y una mujer con ojos vendados con una báscula representa el concepto de justicia (Crane, 2016). Un hecho ampliamente conocido dentro de la literatura de memoria es que las palabras que representan conceptos concretos se recuerdan mejor que aquellas que representan conceptos abstractos (Paivio, 1971).

Por su parte, las representaciones de objetos físicos pueden incluir objetos, imágenes o palabras (Caplin, et al., 2004). Los objetos son concebidos como representaciones de memoria que pertenece a una categoría específica y son el fundamento de diversos procesos cognitivos relacionados con su reconocimiento o su funcionalidad (Martin et al., 2007). Diversos autores se han centrado en estudiar las representaciones específicas de diferentes categorías conceptuales como objetos, animales, edificios, comida, etc. Se han establecido diversas clasificaciones de los objetos: animados, no animados, manipulables, no manipulables, entre otros.

Los objetos manipulables creados por el hombre, como las herramientas, tienen una relación directa entre su función y su manipulación (Martin & Chao, 2001). Balderas, Rodríguez-Ortiz y Bermudez-Rattoni (2015) afirman que la representación de los objetos y su reconocimiento están compuestos por: 1) la identidad del objeto, que incluye la representación completa del estímulo, asociada al grado de familiaridad del estímulo; e 2) información espacial y temporal del contexto donde el objeto fue experimentado, relacionado con la información contextual del evento (Brown & Aggleton, 2001; Yonelinas, Kroll, Quamme, Lazzara, Sauve, & Widaman, 2002).

La identidad del objeto está relacionada, por un lado, con la vía ventral cerebral, occipitotemporal y está especializada en la percepción y el reconocimiento de objetos (“que”). Por otro lado, la vía dorsal, también llamada occipitoparietal, se ha asociado con la identificación de la localización del objeto, la percepción espacial (“donde”) y es referida

frecuentemente como la vía del “donde” o “cómo” y está asociada a la actividad (véase Figura 1).



*Figura 1. Vía dorsal y ventral del procesamiento visual (Gazzaniga, Ivry, & Mangun, 2014).*

Las palabras e imágenes suelen representar características y propiedades de objetos físicos, como una persona, una mesa o una casa. Sin embargo, no resulta muy claro cómo una palabra o una imagen puede lograr representar al objeto real. Para entender mejor el concepto de representación mental es necesario conocer la forma como representan aquello que pretenden simbolizar, su objeto de representación. La relación entre la representación y el objeto a representar ha dado lugar a distintas propuestas teóricas que afirman que dicha relación se establece por similitud con las características intrínsecas del objeto, o por convención social (Cragen, 2006).

Según la teoría de la similitud, la representación de las imágenes depende de la similitud entre ésta y lo que representa. Una imagen puede representar un objeto de forma simétrica, resaltando algunas características físicas intrínsecas del objeto, como su forma. Un ejemplo de este tipo de relación se puede observar en la representación del género de las personas en los letreros de los baños públicos, que muestran la silueta de una mujer o de un

hombre. Por el contrario, existen representaciones asimétricas, que no se parecen al objeto a representar y necesitan interpretación para establecer la relación entre el objeto y la imagen. Requieren la interpretación de la imagen en relación a su contexto, la imagen no se interpreta a sí misma. Ejemplo de estas representaciones lo encontramos en las pinturas cubistas (Caplin, et al., 2004).

Al contrario de las imágenes, que permiten establecer una relación directa y natural con el objeto, hay conceptos que solo pueden ser explicados por convención social. Por ejemplo, las representaciones lingüísticas no tienen una relación directa con el objeto a representar, sino que se forman por convención social, de forma opuesta a las representaciones pictóricas. Las imágenes son incapaces de representar cierto tipo de relaciones entre ideas como lo hace el lenguaje a través de representaciones lingüísticas (e.g., expresiones lingüísticas como *si hubiera, entonces*) (Caplin, et al., 2004). La representación de las palabras depende de la convención establecida entre los hablantes de una lengua, lo que permite que las palabras que utilizan tengan el mismo significado (Caplin, et al., 2004).

### **Desarrollo del concepto de representación mental**

En la primera mitad del siglo XX, el objeto de estudio de la psicología dominante, el conductismo, eran estímulos que se podían observar, medir y manipular (Watson, 1913). Constructos cognitivos como la introspección o la imaginación fueron ignorados hasta los años 50, cuando varios científicos de la Universidad de Harvard en los años 50, retomaron el interés en el estudio de contenidos mentales que no podían verse, tocarse o sentirse, tales como pensamientos, emociones, imágenes, planes, reglas. Esta etapa, conocida como la primera revolución cognitiva, marcó el inicio del estudio de la mente y originó la ciencia cognitiva moderna que abarca ámbitos como la psicología experimental, la lingüística, la ciencia computacional, la inteligencia artificial y la neurociencia.

El concepto actual de representación mental se originó durante esta etapa, en el marco

del paradigma de procesamiento de la información y ha ido evolucionando a lo largo de los años. Así, la representación mental es un concepto básico de la Teoría Computacional de la mente, que utiliza la analogía del ordenador para explicar el funcionamiento de la mente. De forma que el procesamiento cognitivo se compara al funcionamiento de un ordenador y los procesos mentales, tanto en ordenadores como en humanos, se consideran computaciones.

Bajo esta perspectiva, las representaciones se definieron como las estructuras mentales que permiten el procesamiento cognitivo mediante la producción, transformación o almacenamiento de información de un tipo o de otro en el cerebro. Y los procesos cognitivos serían la secuencia de estados cognitivos formados por las relaciones computacionales entre distintos tipos de representaciones (Pitt, 2018).

Aunque esta concepción de la representación mental ha sido ampliamente defendida, conlleva algunas dificultades, como la incapacidad para explicar el proceso de formación del significado de las representaciones, su origen a un nivel personal, así como su implementación y manipulación en el cerebro. Estas dificultades han motivado distintas posturas teóricas que intentan dar respuesta a estos aspectos de las representaciones. Así, las teorías naturalistas (estructuralistas) se han centrado en explicar la naturaleza de las representaciones mentales, las teorías causales de la representación mental han dado respuesta a la funcionalidad de las representaciones, mientras que otras teorías han debatido la arquitectura clásica y conexionista de las representaciones (Caplin, et al., 2004).

El estudio de las representaciones mentales ha sido abordado desde diferentes ciencias y bajo el marco de distintas perspectivas como las de los modelos mentales, los esquemas mentales, las semi-imágenes o las creencias, entre otras (Fodor, 1975; Johnson-Laird, 1983, 1987; Kosslyn, 1980). De ahí que, las distintas concepciones de la representación mental permiten a los investigadores construir teorías que expliquen el proceso cognitivo humano, animal, u otros modelos aplicados en ámbitos específicos como la inteligencia artificial (Pitt,

2018).

En las últimas décadas han surgido distintas propuestas teóricas del significado de las representaciones, que intentan explicar la forma sobre cómo se representa y organiza el significado de palabras, eventos y objetos en el cerebro (Mahon & Hickok, 2016). El conocimiento del significado de las representaciones mentales es parte del estudio de la memoria semántica, una división de la memoria declarativa (Martin & Chao, 2001). La investigación en memoria semántica se ha centrado en describir la naturaleza del conocimiento del mundo incluyendo ideas, creencias y conceptos asociados a los estímulos. El conocimiento semántico contiene la representación del significado de conceptos de palabras y objetos que utilizamos diariamente para interactuar con el ambiente y con otros (Martin, 2007).

Existen diversas teorías que difieren en diferentes aspectos, en la naturaleza que atribuyen a las representaciones, en su contenido, en como consideran que se relacionan las palabras si por conexiones asociativas (Collins & Loftus, 1975) o por características iguales (Smith et al., 1974); o en cómo se representan los conceptos, por categorías o por modalidad (Caramazza & Shelton, 1998; Farah & McClelland, 1991).

### **Dimensiones de las aproximaciones teóricas de las representaciones**

Con el fin de evaluar y sistematizar las distintas teorías de las representaciones conceptuales se describirán cuatro dimensiones que caracterizan y distinguen cada aproximación teórica: 1) modal versus amodal, 2) local versus distribuida, 3) innata versus experiencial, y 4) estable versus flexible. Sin embargo, cabe mencionar que cada dimensión no es totalmente independiente de las otras, normalmente unas dimensiones se relacionan y van en la misma línea que otras. Por ejemplo, una teoría que asume representaciones localizadas también supone representaciones amodales y estables. En otras palabras, un

concepto representado en una unidad localizada se corresponde mejor con la idea de que su uso es constante e invariable contextualmente. Por el contrario, la noción de que las representaciones sean flexible y localizables en una unidad de conocimiento es incompatible. Si la representación fuera localizada y flexible implicaría que los diferentes usos de un mismo concepto “*botella*” conllevaría múltiples unidades de representación por cada uso (e.g., botella para beber, como arma o como medio para transportar un mensaje). De ahí que sea difícil establecer un límite claro entre las dimensiones. La Tabla 1 muestra algunas de las teorías que se describirán junto con sus características según las cuatro dimensiones.

Tabla 1. Sistematización de las teorías de representaciones semánticas de acuerdo con cinco importantes dimensiones, adaptado de Kiefer & Pulvermüller (2012).

Teorías de representación	Referencia	Dimensiones			
		Amodal vs modal	Local vs distribuida	Innata vs experiencia	Estable vs Flexible
Redes semántica	Collins & Loftus, 1975 Collins y Quillian, 1969 Quillian, 1969	Amodal	Local	Dependiente experiencia	Estable
Lista de características	Smith et al., 1974	Amodal	Distribuida	Dependiente experiencia	Flexible
Redes semánticas distribuidas (Modelos PDP)	Devlin et al., 1998 McClelland & Rogers, 2003 Rogers et al., 2004 Tyler & Moss, 2001 Caramazza et al., 1990	Amodal	Distribuida	Dependiente experiencia	Flexible
Teorías de dominio específico	Caramazza & Mahon, 2003 Caramazza & Shelton, 1998	Amodal	Distribuida	Innata	Estable
Teorías de modalidad específica	Barsalou, 2009 Humphreys & Forde, 2001 Kiefer & Spitzer, 2001 Pulvermüller & Fadiga 2010 Warrington & Shallice, 1984 Martin, 2007 Lakoff & Jhonson, 1999 Gallese & Lakoff, 2005	Modal	Distribuida	Dependiente experiencia	Flexible

- a) *Organización conceptual (categorías innatas vs propiedades modales derivadas de la experiencia)*. Esta dimensión está relacionada con la formación y organización de las representaciones en el cerebro. Los modelos de organización semántica debaten si los conceptos se basan en sistemas organizados por categorías innatas a priori o por propiedades basadas en la experiencia. Este debate tiene sus raíces en las posturas racionalistas y empiristas desarrolladas en el marco de la ciencia cognitiva (Berkeley,

1982; Hume, 1978; Locke, 1959, citados en Kiefer & Pulvermüller, 2012). Actualmente, se pueden distinguir dos modelos teóricos principales: los modelos de dominio específico, que asumen representaciones simbólicas abstractas que están formadas y organizadas por categorías innatas (Caramazza & Shelton, 1998); y los modelos de propiedades sensorio-motoras, que consideran que las representaciones modales se basan en características sensoriales y motoras adquiridas mediante nuestra experiencia perceptiva (Humphrey & Forde, 2001) (véase Figura 2). En línea con las propuestas empiristas, estas teorías consideran que la formación de los conceptos depende de la experiencia del individuo. Estos modelos son consistentes también con las propuestas de las teorías de la cognición corpórea que sugieren que aprendemos de nuestra experiencia, los conceptos de los objetos son aprendidas de nuestra sensaciones y acciones (Allport, 1985; Barsalou, 1999; Gallese & Lakoff, 2005; Martin, 1998).

*Los modelos de dominio específico* se basan en una postura evolucionista para la organización del conocimiento conceptual. Estas teorías proponen que el proceso evolutivo ha provocado el desarrollo de circuitos neuronales especializados que permiten resolver problemas complejos de supervivencia de forma rápida y efectiva. De esta forma, la información es organizada en el cerebro por categorías conceptuales innatas. Estas teorías sugieren que las regiones que contienen las propiedades de los objetos están organizadas por dominios categoriales como animales, plantas o herramientas. La noción de categorías innatas surgió por el estudio de pacientes neuropsicológicos con lesiones cerebrales que presentaban déficit en el reconocimiento de categorías específicas (Warrington & Shallice, 1984).

*Los modelos de propiedades específicas*, por el contrario, proponen que el conocimiento de los objetos está organizado por sus propiedades sensoriales (forma, color, orientación) y motoras (utilización) y no por categorías semánticas. Este

modelo también concede importancia a otras propiedades de los objetos como el significado social que tienen o su contexto de aparición. Según estos modelos, la disfunción en el reconocimiento de objetos ocurre cuando una lesión impide el acceso a la información acerca de una propiedad particular esencial para definir la categoría del objeto y para distinguir entre los miembros de dicha categoría. De esta forma, la lesión en las regiones que almacenan información acerca de cómo un objeto es utilizado producen una incapacidad para reconocer herramientas y otros objetos que pueden ser manipulados (Warrington & McCarthy, 1987; Warrington & Shallice, 1984).

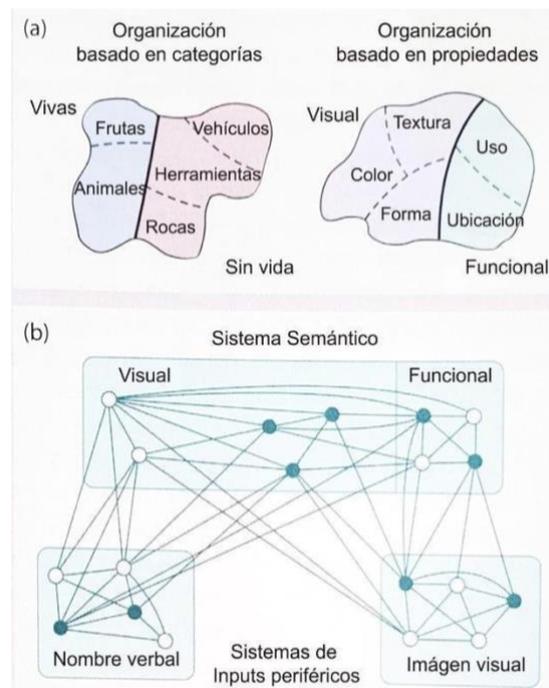


Figura 2. a) Modelos de organización semántica basado en: categorías de entidades vivas y sin vida; y modelos de organización basados en propiedades visuales y funcionales. b) Interacción del sistema semántico basado en propiedades visuales y funcionales con los sistemas de inputs periféricos (Gazzaniga, Ivry, & Mangun, 2014).

b) *Formato de las representaciones (modal vs amodal)*. El formato de las representaciones ha sido estudiado por las teorías del significado lingüístico desde dos posturas teóricas distintas: las teorías simbólicas y las teorías corpóreas. Aunque ambas perspectivas coinciden en que la representación mental desempeña un papel fundamental en la

cognición, difieren en la naturaleza que adscriben a las representaciones. Estos dos grupos teóricos difieren en el supuesto de que el formato de los conceptos es determinado por su contenido. Las teorías amodales, referidas también como teorías simbólicas tradicionales, asumen que el formato de las representaciones conceptuales no se limita por su contenido: el concepto de “patear” y “salado” tienen el mismo formato. Suponen que la información sensorial y motora del ambiente es transformada a un formato representacional simbólico amodal. De forma que los conceptos se representan como símbolos amodales, sin relación con la percepción o acción, en un sistema semántico modular (Tulving, 1983). Por el contrario, las teorías modales, asociadas a las teorías corpóreas, asumen que el formato de los conceptos no es arbitrario, y depende de su contenido. Por ejemplo, los conceptos sensoriales como “salado” tendrán un formato sensorial, mientras que conceptos de acción como “patear” tienen un formato motor. De acuerdo con estas teorías las representaciones se manifiestan internamente en simulaciones que funcionan con información sensorio-motora y se basan anatómicamente en los mismos sistemas perceptivos y motores implicados en la percepción y la acción (Barsalou, 2009, 2010; Glenberg, Sato, & Cattaneo, 2008; Glenberg, Witt, & Metcalfe, 2013; Mahon & Hickok, 2016).

- c) *Arquitectura neuronal (local vs distribuida)*. Esta dimensión se refiere a la estructura interna de las representaciones conceptuales. Los modelos teóricos que asumen representaciones locales se basan en la noción de que un concepto es codificado y almacenado en una unidad representacional, en un nodo dentro de una red semántica (Barlow, 1972). Estos modelos incluyen los modelos clásicos de memoria semántica (Collins & Loftus, 1975; Collins & Quillian, 1969; Quillian, 1969). Por el contrario, las teorías de representación distribuida consideran que un concepto es codificado por múltiples unidades representacionales. El patrón de activación se extiende por diversas unidades representacionales en una misma capa dentro de la red. Cada nodo está

conectado a otros nodos, que representan conceptos relacionados semánticamente y la conexión de nodos en una red permite obtener información acerca de un mismo concepto. Algunos modelos que van en línea con la organización distribuida son el modelo de procesamiento distribuido en paralelo, así como algunos modelos conexionistas de la cognición que refieren activación en diversas áreas cerebrales en una misma categoría.

- d) *Variabilidad situacional (flexibilidad vs estabilidad)*. Esta dimensión tiene sus raíces en el estudio de la filosofía analítica moderna y la lingüística e intenta arrojar luz sobre la noción de conceptos flexibles o invariables. Las teorías que defienden representaciones estables asumen que los conceptos son entidades de conocimiento invariables contextualmente, que no cambian cada vez que el concepto es utilizado. De forma que si una representación está unida a un concepto su evocación siempre será la misma, son recuperados de la memoria sin importar la situación en la que se produzca (Kiefer & Pulvermüller, 2012). Por el contrario, las teorías que consideran que las representaciones son flexibles, consideran que los conceptos dependen de las situaciones contextuales, y por tanto se produce una recuperación dinámica de las características que forman los conceptos en función del contexto. Las representaciones están compuestas por aspectos de información disociable, de forma que un aspecto del concepto puede ser utilizado en una tarea o contexto específico, mientras que otro aspecto se utiliza en otra tarea (Mahon & Hickok, 2016). Por ejemplo, el concepto de “botella” puede evocar información relacionada con su significado como contenedor de líquidos si la intención es transportar un jugo, mientras que la información relacionada con un arma sería relevante si el objetivo es utilizarla para atacar a alguien. Esta propuesta de flexibilidad conceptual asume que durante la comprensión de lenguaje el acceso a un concepto no implica una reproducción de la información sensorio-motora de forma exacta, sino que es un proceso de activación dinámico que depende de una situación específica, de un contexto particular (Hoenig et

al., 2008). Algunos postulados como la teoría de las affordances (Gibson, 1979) o las teorías corpóreas (Glenberg et al., 2013), asumen que las características de los conceptos son dependientes contextualmente (Barsalou, 1982; Kiefer, 2005).

### **Teorías de la representación conceptual**

Las teorías del significado lingüístico intentan explicar la formación del significado de las representaciones mentales, la adquisición de significado de las palabras, o del proceso de comprensión del lenguaje (Barsalou 2010; de Vega, 2005; Glenberg et al., 2013; Kiefer & Pulvermüller, 2012; Urrutia & de Vega, 2012).

Las teorías amodales, también llamadas simbólicas, constituyen la postura más tradicional en el estudio del significado lingüístico conceptual. La postura simbólica tiene como antecedentes los modelos computacionales clásicos que se engloban dentro del cognitivismo, y se fundamentan en la metáfora de la mente como ordenador. El modelo de procesamiento de la información desarrollado en este periodo intentó explicar el funcionamiento de procesos cognitivos y cómo determinan la conducta. La teoría computacional clásica de la mente desarrollada por Warren McCulloch y Walter Pitts (1943) se basa en la idea de que la mente funciona de la misma forma que un ordenador. De acuerdo con esta suposición, la mente actúa como un procesador central de información que produce una respuesta a través de funciones cognitivas como se produce con las computaciones simbólicas.

El modelo computacional propuesto en los años 60 por Turing constituyó uno de los primeros modelos explicativos de la mente humana. Según esta propuesta, la mente es un sistema computacional y los procesos mentales funcionan de la misma forma que las computaciones básicas presentes en las máquinas de Turing. Estas máquinas se caracterizan por ejecutar computaciones simbólicas, tener una capacidad de memoria infinita y tener un

procesador central que opera de forma serial y determinista. Por lo que cualquier algoritmo simbólico ejecutado por un humano podría ser replicado por las máquinas.

Las teorías de la corporeidad (*embodiment theories*) surgieron como una alternativa a las teorías simbólicas clásicas de la cognición. Al contrario de las propuestas simbólicas, las teorías corpóreas proponen que la cognición se basa en la relación de la mente con el cuerpo, en procesos sensorio-motores (Glenberg, et al., 2013). De forma que el procesamiento cognitivo consiste en una reinstalación y recombinación de experiencias, mediante representaciones que se basan en sistemas cerebrales de percepción, acción y emoción (Glenberg et al., 2013; Van Dam, et al., 2013). Asumen que procesos superiores como el pensamiento y el lenguaje dependen de otros más básicos relacionados con la percepción y la acción.

La cognición corpórea tiene sus orígenes en el estudio de los primeros filósofos de la mente humana y en la representación del conocimiento a partir del estudio de imágenes modales de Epicurus, en el empirismo inglés de Berkeley, Hume, y Locke, en los filósofos del siglo XX como Price y Rusell y en el innatismo de Kant y Red (Kiefer & Pulvermüller, 2013). Estas teorías se fundamentan también en perspectivas teóricas como la conexionista que consideran que la representación mental surge de patrones de activación derivados del procesamiento sensorial y motor.

A partir de la primera revolución cognitiva, la cognición corpórea tomó una gran variedad de formas en la ciencia cognitiva (Barsalou, 2010). Desde distintas perspectivas se propusieron distintas teorías: En el campo de la lingüística cognitiva se propuso la teoría de la metáfora conceptual de Lakoff y Johnson (1980); en la propuesta ecológica, la teoría del *affordance* de Gibson (1979); en la filosofía, Searle (1980) manifestó el problema de la habitación China; en la psicología cognitiva, Paivio (1971), Kosslyn (1980), Shepard y Cooper (1982) propusieron distintos paradigmas comportamentales que utilizaban

imaginería mental; en la neuropsicología, Warrington y Shallice (1984) demostraron que la representación del conocimiento se basa en un sistema modal cerebral; en la psicolingüística, Bransford y Johnson (1973), y Clark y Marshall (1981) resaltaron la importancia de la situación y la pragmática en la comprensión del lenguaje.

El notable crecimiento en los últimos tiempos de los estudios que toman como base el papel que tiene el cuerpo, las situaciones y las simulaciones en el procesamiento del lenguaje, ha ido consolidando las teorías corpóreas del significado. Y aunque la mayoría de las teorías corpóreas han resaltado el papel que tiene el cuerpo en la cognición (Barsalou et al., 2003; Lakoff & Johnson 1980) otras teorías dan mayor peso a otros factores como el ambiente (Gibson, 1979), la acción situada (Robbins & Aydede, 2007) o la interacción social (Rizzolatti & Craighero, 2004). En síntesis, la cognición corpórea refleja diversas posturas que consideran que la cognición se basa en distinto grado en los sistemas sensoriales y motores (Barsalou, 2009).

En la actualidad no todas las teorías simbólicas y corpóreas asumen los supuestos de la misma forma. Existen distintas formas de sistematizar las teorías de la representación semántica. Estas teorías se pueden distinguir en función del grado de independencia de los sistemas sensoriales y motores; de la naturaleza de su almacenamiento semántico, o de su contenido o patrón de activación, entre otros. Meteyerd y Vigliocco (2008), describieron las principales teorías de la representación semántica en un continuum teniendo el grado de corporeidad como principal criterio de clasificación. Las teorías son agrupadas en cuatro categorías según su nivel de corporeidad: teorías simbólicas, teorías corpóreas secundarias, teorías corpóreas débiles y teorías corpóreas fuertes. Estos grupos teóricos se compararán en base a parámetros, como el contenido de las representaciones, la implicación de los sistemas sensorio-motores, el tipo de interacciones y su implementación neuronal. En la presente tesis

utilizaremos la misma clasificación de las teorías según su nivel de corporeidad (véase Tabla

2)

*Tabla 2.* Posiciones teóricas de la representación simbólica según continuum de corporeidad. Se distinguen cuatro grupos en relación a cuatro variables: el contenido semántico de las representaciones, la actividad neuronal relacionada, la implicación de los sistemas sensoriales y motores, el tipo de interacción con otros procesos cognitivos y los principales representantes de cada postura teórica. Los subgrupos de izquierda a derecha son: 1) Posición no corpórea, teorías simbólicas, 2) corporeidad secundaria, 3) corporeidad débil y 4) corporeidad fuerte.

Posición teórica	No corpóreo	Corporeidad secundaria	Corporeidad débil	Corporeidad fuerte
<i>Contenido semántico</i>	Simbólico/ Amodal	Amodal	Integración intermodal / supramodal	Análogo/ Multimodal
<i>Arquitectura neuronal</i>	Regiones semánticas no se solapan temporal o espacialmente con áreas motoras y sensoriales.	Regiones de contenido semántico amodal y regiones modalidad específica con atributos de códigos experimental.	Redes distribuidas de áreas que codifican información modal integrada, próximas a regiones primarias sensoriales y motoras.	Redes distribuidas de áreas primarias de sistemas sensoriales y motores.
<i>Relación con sistema sensorial y motor</i>	Completa independencia	Independencia con asociación	Dependencia parcial	Dependencia completa
<i>Explicación de interacción</i>	Activación indirecta	Activación secundaria	Mediación	Modulación
<i>Teorías</i>	Collins y Loftus (1975) Lindauer y Dumais (1977) Levelt (1989)	Mahon y Caramazza (2008) Patterson et al. (2007) Quillian (1968) Rogers et al. (2004)	Barsalou (1999) Farah y McClelland (1991) Pulvermüller (1999) Simmons y Barsalou (2003) Tyler y Moss (2001) Vigliocco et al (2004)	Gallese y Lakoff (2005) Glenberg y Kaschak (2003) Zwaan (2004)

El grupo de teorías amodales están relacionadas con las teorías simbólicas, en las cuales la información semántica es simbólica y amodal, son independientes del contenido modal por lo que no tienen ninguna relación con el sistema motor y sensorial, de ahí que no existe ninguna correspondencia con estos sistemas. En el segundo grupo, el de corporeidad secundaria, el contenido semántico también es amodal, pero está asociado con regiones cerebrales que contienen información modal. En el tercer grupo, de corporeidad débil, el contenido semántico está representado por la integración de información modal de regiones motoras y sensoriales. Por último, el grupo de corporeidad fuerte, las áreas motoras y sensoriales representan el contenido semántico en una red distribuida que es activada mediante un proceso de simulación.

En resumen, la definición de la representación mental ha variado según el modelo teórico explicativo propuesto en las ciencias cognitivas y según la disciplina que lo estudia. Así, su definición desde una teoría lingüística será diferente a aquella utilizada en el ámbito de la inteligencia artificial. En la siguiente sección, se describirán con mayor profundidad las diferentes teorías según su nivel de corporeidad basadas en la clasificación de Meteyerd y Vigliocco (2008).

### *Teorías simbólicas amodales*

Las teorías simbólicas tienen tres supuestos principales: El primer supuesto está relacionado la naturaleza de las representaciones. La información semántica es de naturaleza totalmente simbólica, independiente de los sistemas sensoriales y motores. Estas teorías consideran que el contenido fundamental de las representaciones semánticas son símbolos amodales organizados localmente, abstractos, arbitrarios y estables (de Vega, 2005). Los símbolos son estructuras que contienen información y pueden representar cosas y propiedades del mundo real como colores, emociones, imágenes y actividades (Glenberg et al., 2013). Los símbolos que componen las representaciones conceptuales se caracterizan por tener un formato amodal, ser abstractos, estáticos. Los símbolos son amodales porque no guardan relación con sus referentes y se forman independientemente de la modalidad sensorial (Barsalou, 2010; de Vega, 2005). De ahí que su significado está constituido por un lenguaje mental independiente del mundo externo (Glenberg et al., 2013; Meteyard, Cuadrado, Bahrami, & Vigliocco, 2012). Son estáticos e inmutables porque son invariables contextualmente, funcionan sin importar cuándo o cómo son usados (Tulving, 1983).

La organización del sistema semántico es completamente independiente de los sistemas sensorio motores, de ahí que estos sistemas no tengan un papel relevante en las representaciones semánticas. Las representaciones semánticas están compuestas por símbolos amodales sin ninguna conexión con el ambiente (de Vega 2005; Glenberg et al.,

2013). Los símbolos tienen una relación arbitraria entre el formato en el que la información está representada y la información a la que se refiere, por lo que se utilizan de forma arbitraria. Los símbolos no tienen contenido, refieren cosas del mundo mediante un proceso de designación.

El segundo supuesto se refiere a la localización de los símbolos en un sistema semántico modular (Tulving, 1983). Proponen un almacenamiento semántico localizado (Collins & Loftus, 1975; Landauer & Dumais, 1997; Levelt, 1989). Este supuesto, supone que las representaciones de conceptos están organizadas en módulos específicos en el cerebro. La información está organizada por categorías innatas en el cerebro en regiones que contienen las propiedades de la representación (Caramazza & Shelton, 1998). Estas categorías conceptuales pueden ser animales, plantas o herramientas y están localizadas en determinadas regiones cerebrales. Respecto a su localización neuronal, no es posible un solapamiento entre las áreas sensoriales y motoras y las áreas que se activan durante las tareas semánticas. De ahí que, neuronalmente no habría ningún solapamiento entre las áreas motoras y sensoriales durante la ejecución de tareas semánticas. Por lo que, la disfunción del sistema motor y/o sensorial no conlleva incapacidad en el procesamiento semántico.

Finalmente, el tercer supuesto se refiere a los principios que rigen el funcionamiento de los símbolos. Los símbolos se combinan en función de reglas formales o sintácticas y adquieren su significado a partir de la asociación establecida con otros símbolos. Funcionan mediante reglas porque son manipulados por las propiedades relevantes para las reglas presentes socialmente, por lo que adquieren su significado por convención social. Su significado está constituido por un lenguaje mental independiente del mundo externo. Y puesto que no están sujetos a la percepción o al medio ambiente, siempre necesitarán procesos para traducir la información del medio ambiente (Glenberg et al., 2013). Se

relacionan con sus referentes en el mundo real mediante la interpretación de lo que significa dicho símbolo en una sociedad.

Los símbolos adquieren su significado mediante la asociación con otros símbolos en dos etapas. Primero, se simula la realidad mediante un código neural. Posteriormente, la simulación se transforma en símbolos amodales, no perceptuales, a través de esquemas, conjuntos de rasgos u otras estructuras representacionales (Barsalou, 2008, 2009; Shapiro, 2008; en Urrutia & de Vega, 2012). Y así, la realidad es simulada por medio de un código neuronal que se convierte en símbolos amodales mediante esquemas o representaciones cerebrales amodales (Barsalou, 2009).

Además, la interacción entre los sistemas sensorio-motores y el contenido semántico solo se produciría de forma indirecta. Los símbolos amodales son la base de cualquier proceso cognitivo. Las representaciones acceden al significado conceptual por medio de la mediación de otros procesos cognitivos. Los sistemas sensoriales y motores se activan indirectamente, por lo que su relación con estos sistemas es de independencia total. Están vinculados mediante mecanismos indirectos por procesos cognitivos básicos (como la atención o la memoria de trabajo) (Pylyshyn, 1985). Por ejemplo, durante el procesamiento en la memoria de trabajo es posible hacer uso de las capacidades sensoriales o motoras (Meteyard et al., 2012). Las teorías simbólicas asumen que el conocimiento que sustenta los procesos cognitivos se basa en sistemas de memoria semántica separadas de los sistemas de percepción, acción e introspección (Barsalou, 2008). Las representaciones semánticas están conectadas con un determinado nombre mediante un proceso de designación (proceso teorización opaca).

Entre las propuestas teóricas más representativas de las teorías simbólicas amodales estarían las de Levelt (1989), Collins y Loftus (1975) Landauer y Dumais (1997) entre otros.

Las teorías proposicionales proponen que el uso de símbolos primitivos y reglas forman un lenguaje de la mente que se expresa por medio de representaciones proposicionales. Según estas teorías las representaciones son objetos conscientes de pensamiento, son cadenas de símbolos mentales que funcionan con reglas sintácticas arbitrarias. Para Levelt (1989) el lenguaje es de carácter proposicional y simbólico. Las representaciones simbólicas léxicas, conocidas también como lemmas, son ítems léxicos específicos y holísticos. Estos lemmas están contenidos en un lexicón y son seleccionados cuando se origina un mensaje pre-verbal. En este grupo de teorías también se podrían destacar otras teorías como la hipótesis del sistema de símbolos físicos (HSSF) propuesta por Alan Newell y Herbert Simon (1976), la teoría de la construcción- integración (Kintsch, 1988) o la teoría de los modelos mentales Johnson -Laird (1983).

La hipótesis del sistema de simbólicos físicos (HSSF) propuesta por Alan Newell y Herbert Simon (1976), plantea que tanto el humano como la computadora son capaces de “pensar”. El pensamiento es definido como la capacidad de procesar y manipular símbolos mediante el uso de reglas tanto en humanos como en ordenadores. Así, en los ordenadores las reglas serán las operaciones del “si hubiera”, mientras que en los humanos serán las asociaciones, producciones y aprendizaje de símbolos (Glenberg et al., 2013). Y aunque la computadora y el humano tienen características distintas, ambos utilizan símbolos que funcionan mediante reglas (Glenberg et al., 2013).

Desde la lingüística cognitiva destacan dos modelos simbólicos amodales: los modelos espaciales de co-ocurrencia léxica, en particular el modelo HAL (Hiperespacio Análogo al Lenguaje (Burgess, Livesay, & Lund, 1998) y el Análisis latente semántico (LSA Latent Semantic Analysis) (Landaouer & Dumais, 1997). Ambos modelos parten de la noción de que el significado de los conceptos está formado a partir de la relación con otros símbolos. Consideran que los conceptos son representados como puntos en un espacio

altamente dimensional, y están basados en la co-ocurrencia de ítems lexicales. Las dimensiones en el espacio se corresponden con las dimensiones en el significado del concepto. Las palabras son representadas como vectores en un espacio de muchas dimensiones, que se sitúan unos respecto a otros según su conexión semántica. Se basan también en la coexistencia de términos léxicos generados a partir de una base de textos. La distancia semántica es calculada según la similitud entre los vectores semánticos que son calculados para cada palabra. El modelo del análisis latente semántico (Daouer & Dumais, 1997) sugiere que el significado de una palabra está definido por su relación con otras palabras, y no por lo que refiere. De forma que el significado se define como un conjunto de símbolos abstractos o vectores que representa las conexiones asociativas como probabilidades de co-ocurrencia.

Desde el ámbito de la memoria se han propuesto modelos clásicos para explicar la memoria semántica: los modelos de comparación de rasgos (McCloskey & Glucksberg, 1979; Smith, Shoben, & Rips, 1974), los modelos en red o de activación (Quillian, 1967, 1968; Collins & Quillian, 1969, 1972; Collins & Loftus, 1975), la teoría ACT (Adaptive Control of Thought) (Anderson, 1983, 1990).

La teoría de comparación de rasgos propuesta por Smith y colaboradores (1974), sugiere que los conceptos son representados como agrupamientos de listas de rasgos semánticos que son vinculados en función de su *distancia semántica*. Los conceptos están ordenados en listas conformados por un conjunto de elementos que hacen referencia a rasgos con valores diferentes como tamaño color, forma, etc. Estos rasgos varían respecto a su definición, situándose en un extremo los rasgos esenciales para la definición del significado de la palabra; y en el otro extremo sus rasgos particulares que no son necesarios para su definición. Una parte de estos elementos son esenciales para la pertenencia a una categoría, y la dispersión de los valores en la lista determinará la distancia con el prototipo. Por ejemplo,

el concepto *bicicleta* tiene rasgos esenciales, como que es un medio de transporte, y los rasgos particulares sería que tiene manubrios y ruedas.

Según esta teoría, la comprensión del significado de las palabras en una frase se da por un proceso de comparación en etapas. En la primera se calcula el nivel de semejanza entre los rasgos del sujeto y del predicado (*el perro es un animal*). Si el nivel de semejanza es alto, se toma una decisión y una respuesta rápida por aceptar la frase como verdadera. De la misma forma, si el nivel de semejanza es muy bajo, también se decidirá y responderá rápidamente (*el perro es un objeto*). Sin embargo, si el nivel de semejanzas toma un valor intermedio (*el perro es un cuadrúpedo*) entonces se comparan los rasgos esenciales definitorios del sujeto con los del predicado en una segunda etapa que tomará más tiempo. Por lo tanto, el tiempo de reacción en las tareas de categorización dependen de la valoración de cuan típica es una palabra dentro de una categoría. Así, las frases verdaderas se verificarán más rápidamente si el sujeto se acerca más a un prototipo que si es un modelo infrecuente o periférico, así como si el sujeto y el predicado son muy similares o disimilares.

Los modelos de activación en red están constituidos a su vez por el modelo de distribución de la activación (Collins & Loftus, 1975; Collins & Quillian, 1969, Quillian, 1969) y la teoría ACT de Anderson (Anderson, 1983, 1990).

El modelo de distribución de la activación propuesto por Collins y Loftus (1975) modificó la organización jerárquica propuesta previamente por Collins y Quillian (1969) de las representaciones a una organización basada en la distancia o similitud semántica. Es un modelo de búsqueda y comprensión basado en la memoria. La búsqueda es considerada como una propagación de la activación de varios nodos conceptuales hasta su intersección con otros. Esta activación continúa propagándose durante algún tiempo incluso cuando el concepto ya no está siendo procesado (Collins & Loftus, 1975). La comprensión se explica en términos de propagación de la activación desde un nodo conceptual hasta el adyacente. El

tiempo de reacción durante tareas de categorización o comprensión dependerá de la búsqueda en la memoria semántica de las conexiones entre dos elementos. Durante la búsqueda, las vinculaciones supraordinadas serán un criterio de alto nivel y la decisión será más lenta. Así, la comparación de propiedades y las vinculaciones en conjunto permitirán tomar una decisión.

De acuerdo con estos autores, la memoria semántica está compuesta por dos tipos de memoria independientes entre sí: la memoria conceptual, formada por una red de conceptos; y la memoria lexical, donde se almacenan los nombres de conceptos. En la medida en que dos nodos se vinculan por tener más propiedades comunes, mayor es su similitud y su proximidad en la red. Por lo que la fuerza de conexión de la red estará determinada por la cantidad de nodos conectados en la subred (Collins & Loftus, 1975).

Por un lado, los nombres de conceptos son almacenados en una red lexical o diccionario que está organizada por semejanzas fonológicas. Las propiedades son representadas a través de la conexión con otros nodos nominales según su similitud fonológica prevalente. Por ejemplo, podría existir un vínculo entre los nodos de *silla* y *milla*. Por otro lado, los conceptos están organizados de acuerdo con similitudes semánticas en una red conceptual. Sus propiedades se representan a través del vínculo con otros nodos conceptuales según su relevancia para el significado del concepto (Collins & Loftus, 1975).

La teoría ACT (Adaptative Character of Thought), propuesta por Anderson (1983, 1990), comparte algunos supuestos con las anteriores teorías de propagación. El acceso a la memoria semántica dependerá de la activación de la representación interna del concepto. La activación de un concepto producirá una propagación de la activación de conceptos relacionados, facilitando su recuperación. Sin embargo, cuando un concepto deja de ser procesado, la activación deja de propagarse y decae rápidamente, dentro de los 500 ms.

*Teorías corpóreas secundarias*

Las teorías amodales intermedias proponen que el sistema semántico está constituido por representaciones en formato amodal de forma abstracta, pero con contenido sensorial y motor asociados (Collins & Quillian, 1969; Quillian, 1968; Rogers et al., 2004). La información semántica no es codificada de forma explícita, sino que abstrae las características derivadas de la activación de modalidades específicas, de ahí que los conceptos están representados a un nivel abstracto (Rogers et al., 2004).

En resumen, estas teorías tienen dos supuestos principales: 1) El procesamiento semántico está vinculado a los sistemas motores y sensoriales solo a un nivel alto. Las representaciones semánticas se derivarán de conceptos en un nivel alto, por lo que el procesamiento sensorial y motor a un nivel bajo no es necesario; y 2) los efectos de las representaciones semánticas relacionados con modalidades específicas están mediados y dependerán de las demandas de la tarea y de los procesos cognitivos implicados.

Asimismo, las representaciones semánticas tienen un formato amodal, de modalidad invariable. Sin embargo, no están dissociadas de los sistemas motores y sensoriales, como lo están en las teorías amodales puras, aunque son independientes del contenido sensorial y motor (Meteyard et al., 2012). El sistema semántico presenta una relación independiente pero asociativa con la información motora y sensorial. El sistema semántico se basa en la asociación entre el contenido semántico y perceptual mediante una red de nodos con contenido modal. Las representaciones semánticas amodales dependen de un mapeo de la información sensorial y motora del entorno para vincular la información conceptual relevante mediante la activación pasiva de dicha información (Patterson et al., 2007; Rogers et al., 2004). Quillian (1968) afirma que las propiedades que forman el contenido semántico están contenidas en el mismo sitio que se ha asociado a la percepción. Las regiones de contenido

amodal y las asociadas a modalidades específicas codifican características propias de las experiencias.

La interacción entre la información sensorio-motora y el contenido semántico es secundaria y se produce mediante conexiones asociativas no arbitrarias. La relación entre las representaciones semánticas y el contenido sensorio-motor es indirecta y no arbitraria. Están vinculadas mediante áreas de asociación que integran la información de cada modalidad, de forma supra-modal o secundaria. De ahí que, la mediación es el único mecanismo por el cual el contenido sensorio-motor y semántico puede interactuar. Una vez que un concepto amodal es activado, se produce una propagación de la activación desde su representación abstracta hasta la activación de modalidades específicas. Por lo que la interacción entre la información semántica y sensorio-motora se produce cuando una representación abstracta activa el contenido semántico y se va propagando a las entradas de modalidad específicas de forma recíproca. La activación en áreas de modalidad específica es generada por la actividad en otra región, lo que significa que las conexiones no son arbitrarias. De ahí que la activación de modalidades específicas es secundaria a la información semántica amodal.

Respecto a la localización neurológica del sistema semántico, se ha sugerido que el lóbulo temporal anterior (LTA) es una región que podría ser un núcleo semántico que mantiene relación con otras regiones distribuidas sensoriales y motoras (Patterson et al., 2007). Estos autores infirieron la localización del sistema basándose en las conductas observadas en pacientes que presentaban demencia semántica. Esta región coordina información de modalidades específicas de diferentes dominios (Rogers et al., 2004). Sin embargo, no resulta muy claro si este vínculo es recíproco o unilateral. Las características de modalidad específica están representadas en una red distribuida de regiones corticales por cada modalidad, ya sea motora, visual o auditiva.

Es posible un solapamiento entre las áreas sensorio-motoras y las áreas que se activan durante las tareas semánticas. Por lo que, el daño en los sistemas motores y sensoriales conlleva una incapacidad ligera en el procesamiento semántico que se manifestaría en el uso de conceptos empobrecidos o aislados. El daño estaría focalizado en las conexiones existentes. Sin embargo, el daño será mucho menor que aquel esperado si se produjera en el sistema semántico.

Entre las teorías más representativas de las propuestas intermedias simbólicas estaría la teoría de Mahon y Caramazza (2008), Patterson et al., (2007), el modelo de red jerárquica semántica de Quillian (1968), Rogers et al., (2004).

El modelo red jerárquica semántica, propuesto por M. Ross Quillian (1969), representa la memoria semántica como una jerarquía o taxonomía semántica. Quillian utilizó los vínculos “isa” para representar relaciones jerárquicas o categoriales entre conceptos, y vínculos de propiedades para representar características específicas asociadas a determinados conceptos. En esta red, se distinguen vínculos supraordinados, subordinados, modificadores y disyuntivos entre otros. Estos vínculos funcionan en base a dos reglas: cada nodo puede tener un vínculo isa, y cada vínculo de propiedades aparecerá en un nivel alto en la jerarquía (Collins & Quillian, 1969).

El modelo de Collins y Quillian tuvo gran aceptación y halló evidencia neuropsicológica en estudios con pacientes con demencia. Warrington y Shallice (1984) observaron en 2000 pacientes con demencia que perdían información subordinada, aunque preservaban información supraordinada. Por ejemplo, estos pacientes padecían agnosias para entidades animadas, pero podían identificar cosas inanimadas.

En cuanto al ámbito de la neurociencia cognitiva, Chao y Martin (2000) describieron los modelos de dominio específico, que están en línea con los postulados simbólicos y de corporeidad secundaria. Este modelo de organización semántica de las representaciones se

basa en una postura evolutiva de categorías innatas (Caramazza & Shelton 1998). Proponen que el proceso evolutivo ha provocado el desarrollo de circuitos neuronales especializados que permitan resolver problemas complejos de supervivencia de forma rápida y efectiva. De esta forma, la información es organizada en el cerebro por dominios categoriales como: animales, plantas o herramientas. Así, las categorías que contienen las propiedades de los objetos están organizadas en regiones específicas (Chao & Martin, 2000).

Algunos estudios de neuroimagen funcional han mostrado evidencia de que las regiones de la corteza occipitoparietal no tienen una organización homogénea, sino que contienen subestructuras diferenciadas que reaccionan de forma distinta según cada categoría. De esta forma, el patrón de actividad de la corteza temporal posterior depende de la pertenencia del objeto percibido en una categoría (Chao & Martin, 2000). Asimismo, otros estudios neurofisiológicos han demostrado que la representación de los objetos puede tener una organización categorial. Se ha concebido que el reconocimiento de objetos depende de la vía de procesamiento occipitotemporal ventral (Grill-Spector & Malach, 2004).

### *Teorías corpóreas débiles*

La postura corpórea más débil tiene dos supuestos principales. De acuerdo con el primero, los contenidos se representan, al menos en una parte, en formato sensorio-motor. Esto supone que el contenido semántico depende parcialmente del sistema sensorial y motor.

Esta postura es diferente a la visión de las teorías secundarias, que consideran que la activación de la información sensorio-motora ocurre de forma secundaria a la información abstracta. Por el contrario, la postura débil considera que la información motora o sensorial contiene cierto nivel de abstracción y forma parte de la representación semántica. El contenido semántico se forma por la integración de información modal de regiones motoras y sensoriales, pero no de la activación específica de las regiones primarias corticales (Simmons & Barsalou, 2003; Vigliocco et al., 2004). Así, la integración de información entre

las distintas modalidades generará una representación más completa. De esto se deduce que el contenido de las representaciones está localizado en una red distribuida de áreas que integran información de áreas corticales de modalidad específica (regiones primarias sensoriales y motoras que procesan las experiencias perceptivas directas). Asimismo, durante el procesamiento conceptual la actividad de las representaciones sensorio-motoras reflejan un acceso conceptual directo.

La interacción entre el contenido semántico y el sistema sensorial y motor dependerá de la mediación de la actividad de las conexiones entre áreas primarias sensoriales y motoras y de procesamiento semántico. Por lo que dicho vínculo dependerá de la fuerza, del número de conexiones, así como de las demandas de la tarea (recursos atencionales).

Entre los autores y teorías que se agrupan dentro de las teorías corpóreas débiles estarían los modelos de redes neurales, y los modelos conexionistas y distribuidos en red (McClelland & Rumelhart, 1985; Rumelhart & McClelland, 1986), la hipótesis del espacio semántico de características y unidades de Viliogocco y colaboradores, (2004), el modelo de memoria semántica de tres módulos propuesto por Farah y McClelland (1991), la teoría de los símbolos perceptivos, propuesta por Barsalou (1999) y la teoría de aprendizaje Hebbiano de Pulvermüller (1999).

Según los modelos conexionistas y distribuidos en red, la memoria está organizada en una red neuronal que presenta una activación paralela y distribuida (McClelland & Rumelhart, 1985; Rumelhart & McClelland, 1986). Se caracterizan por su capacidad de aprendizaje y de funcionamiento parcial ante un daño. Por un lado, el entrenamiento permite que la fuerza de las conexiones mejore la producción de una respuesta apropiada de la red. En otras palabras, es posible entrenar a una red para producir una respuesta particular ante una entrada específica. Por otro lado, la capacidad de funcionamiento parcial de la red con daño es posible porque el conocimiento está distribuido en la red y contiene distintos niveles

de activación de sus unidades. La evidencia neuropsicológica corrobora la implicación parcial de los sistemas motores y sensoriales en pacientes que han perdido un 40% de su memoria semántica y pueden realizar tareas de asociaciones correctas en un 85% de los casos (Farah & McClelland, 1991).

Un modelo explicativo de la capacidad de funcionamiento parcial en red es el modelo de memoria semántica de tres módulos propuesto por Farah y McClelland (1991). El conocimiento está determinado por la fuerza de la conexión entre las unidades que conforman la memoria a largo plazo de la red. Por lo que el contenido de las representaciones semánticas es inter modal (cros-modal), contiene atributos de diferentes modalidades y forman parte de la representación con determinados estímulos.

Este modelo sugiere que los conceptos son representados como patrones de activación de grupos neuronales. Los conceptos están organizados en grupos neuronales o módulos y cada uno procesa información de diferente tipo (verbal, visual o semántica). Asimismo, pueden codificar un rasgo semántico particular por lo que los conceptos relacionados tendrán un patrón de activación similar. Cuando un objeto es percibido se produce un patrón de activación de unidades con diferente nivel de activación. En el procesamiento de las palabras, el patrón de activación estará determinado por la fuerza de las conexiones entre las unidades. La palabra es procesada cuando las unidades dejan de competir entre sí según la fuerza de sus conexiones, y logran un estado de estabilidad. Si se presenta a continuación una palabra nueva que está relacionada con la anterior, este proceso de estabilización será más rápida debido que las unidades se encuentran ya activadas.

En la misma línea, Vigliocco y colaboradores (2004) propone en su hipótesis del espacio semántico de características y unidades, que los conceptos se organizan al menos parcialmente, por tipos de características, propios de las modalidades específicas. A medida

que estas características se unen, se forma otro nivel semántico de representaciones léxico-semánticas que se impone sobre las características individuales.

Las teorías débiles corpóreas han progresado desde una implicación directa multi-modal sin la necesidad de asociaciones de alto nivel (Gallese & Lakoff, 2005), hasta asociaciones supra-modales (Barsalou, 1999; Pulvermüller, 1999; Simmons & Barsalou, 2003). Un ejemplo de esta evolución la podemos observar en la modificación realizada por Simmons y Barsalou (2003) de la teoría de la zona de convergencia de Damasio (1990, 1994).

La teoría de la zona de convergencia propuesta por Damasio (1989) propone que las representaciones están formadas por zonas de convergencia de alto y de bajo nivel. Las zonas corticales primarias sensoriales contienen en sí mismas grupos de características (movimiento, color, forma etc.) así como sus posibles combinaciones. Sin embargo, las combinaciones más complejas, como las relaciones espaciales y temporales que componen la percepción de los eventos, están representadas en áreas de asociación de alto nivel (zonas de convergencia), localizadas en el córtex frontal y temporal. Las zonas de convergencia, por lo tanto, no tienen la capacidad de representar por sí mismas, sino que reproducen patrones de activación de zonas de bajo nivel cuando la representación es necesaria.

Simmons y Barsalou (2003) propusieron el principio de similitud topográfica (ST) como una extensión a la teoría de zona de convergencia propuesta por Damasio. Propusieron que las zonas de convergencia de alto nivel pueden tener en sí mismas la capacidad de representar, por lo que el daño en zonas de bajo nivel no impide la formación de la representación. De acuerdo con el principio de similitud topográfica la organización semántica es producto de la representación cortical de la información sensorio-motora. La similitud de las características sensoriales y motoras son reproducidas topográficamente a nivel cerebral. Por lo que la proximidad de las neuronas en las zonas de convergencia refleja a su vez la similitud de las características que unen.

Esta teoría estaría inscrita en las teorías débiles, porque las propiedades de la experiencia están representadas en zonas primarias, mientras que la activación y coordinación de las áreas primarias dependería de las conexiones entre las zonas de convergencia, o áreas de asociación.

Existen algunas teorías que podrían ubicarse dentro de los límites de las teorías corpóreas débiles y fuertes. Una de ellas es la propuesta por Pulvermüller (1999). Este autor propone una teoría del significado de las palabras basado en el aprendizaje de tipo Hebbiano. Las representaciones semánticas son producto de la co-activación de regiones distribuidas en red. La activación se propaga a través de diferentes regiones corticales formadas por agrupaciones de neuronas que una vez co-activadas forman agrupaciones de alto nivel. El principal medio por el cual el contenido semántico está vinculado es a través de la asociación entre áreas que están relacionadas con la forma de la palabra y áreas asociadas con la información perceptiva y motora derivada de las palabras. Las áreas que forman parte de una agrupación neuronal muestran especificidad con ciertos estímulos solo si otras áreas del mismo grupo están intactas (Pulvermüller, 2001). Esta incapacidad ante el daño sugiere que la representación se ve afectada incluso cuando una parte de la red está dañada, en línea con los supuestos de dependencia total de la información sensorio-motora de las teorías corpóreas fuertes.

Otra de estas teorías de corporeidad débil y fuerte es la teoría de los símbolos perceptivos propuesta por Barsalou (1999). Su hipótesis principal es que los mecanismos sensorio-motores son la base de un sistema conceptual funcional que depende de la simulación de símbolos perceptivos. Su manipulación requerirá la simulación del símbolo mediante el uso de los mismos sistemas perceptivos presentes en su formación. Los conceptos en las teorías simbólicas son sustituidos por las simulaciones en las teorías corpóreas.

Los símbolos perceptivos se originan durante las experiencias perceptuales. Cuando se percibe un objeto se activan múltiples áreas sensorio-motoras, en un proceso de abajo-arriba. Posteriormente, cuando el objeto no está presente, las áreas de asociación son reactivadas en un proceso de arriba-abajo, produciendo la simulación simbólica del objeto usando los mismos sistemas perceptivos utilizados durante su percepción. Sin embargo, cuando se percibe un estímulo, no se produce una activación neuronal completa, no se recrea la experiencia perceptual original, sino que se seleccionan determinados elementos de la activación original.

El proceso de formación del símbolo esquemático inicia con el almacenamiento y reactivación de los símbolos perceptuales a nivel de los componentes perceptuales. El proceso de formación de los símbolos selecciona y almacena un subgrupo de las neuronas que están activas durante el estado perceptivo. Después de percibir los componentes perceptuales, se extrae de la experiencia su representación esquemática para ser almacenada en la memoria. De manera que los recuerdos de un componente perceptual están organizados en torno a un encuadre, éstos usan un simulador que produce simulaciones limitadas del componente. Una vez establecidos, estos simuladores utilizan un sistema conceptual básico que representa tipos, produce categorizaciones e inferencias categoriales. Las simulaciones se basan en información propioceptiva e introspectiva, además de la información sensorial.

Aunque se considere que las teorías corpóreas no realizan operaciones simbólicas, el SSP ha demostrado que pueden implementar funciones simbólicas (Barsalou, 2016). Estas simulaciones son la base de operaciones simbólicas como la productividad, proposiciones, asociación de caso-tipo, recursión, conceptos abstractos. Funciones como la productividad, las proposiciones, o los conceptos abstractos se definen por su relación con la simulación. Las proposiciones se producen de la unión de simuladores con individuos perceptivos con la representación de relaciones de tipo-token; los conceptos abstractos se basan en simulaciones

complejas de eventos físicos como introspectivos; y la productividad se basa en el uso productivo del lenguaje para construir simulaciones.

En resumen, podríamos clasificar esta teoría, por un lado, como parte de la corporeidad débil por el proceso de abstracción que se realiza durante la experiencia perceptiva y que posteriormente se re-activará. Por el otro lado, la simulación durante la comprensión se identifica mejor como parte de los postulados de la corporeidad fuerte.

### *Teorías corpóreas fuertes*

Las posturas más fuertes suponen que el pensamiento y la acción no están separados, así como tampoco lo están el cuerpo y la mente. El enfoque corpóreo resalta el papel que tiene la interacción multimodal entre la percepción, la acción y el significado de las palabras en la formación de las representaciones mentales (van Dam et al., 2013).

Las representaciones corpóreas son multimodales, concretas y no arbitrarias (Zwann, 2014) y su contenido se basa en el procesamiento sensorio-motor (Casasanto, 2011; de Vega, 2005; Glenberg, 2010; Glenberg et al., 2013; van Dam et al., 2013). Las representaciones corpóreas se basan en estados corporales y estarían caracterizadas por contener información sensorial y motora. Están compuestas de símbolos perceptuales que se basan en esquemas sensorio-motores o patrones de activación corporal (de Vega, 2005, Urrutia & de Vega, 2012; Zwaan & Kaschak, 2000).

El significado contiene símbolos corpóreos modales y no arbitrarios dependientes del contexto para su codificación en la memoria (Zwann, 2014). Estos símbolos corpóreos dependen de la actividad de los sistemas que se usan para la percepción, acción y emoción. Permiten al individuo relacionar estructuras mentales con objetos físicos externos por medio de un proceso de anclaje (grounding) (Glenberg, de Vega, & Graesser, 2012).

La comprensión del significado de los símbolos también dependerá de los sistemas sensoriales y motores (Glenberg et al., 2012). De ahí que los símbolos precisan la mediación de sistemas sensorio-motores para interactuar con el medio ambiente.

Defienden una implicación directa y completa de los sistemas sensoriales y motores en el procesamiento semántico.

En relación con la dependencia completa de los sistemas sensorio-motores, estas teorías afirman que el contenido semántico depende totalmente de los sistemas sensoriales y motores y produce la activación de sus correspondientes áreas primarias. A diferencia de las posturas corpóreas débiles que defienden la activación sensorio-motora a un nivel alto, en las posturas de corporeidad fuerte, la información sensorial y motora es activada a un nivel bajo en áreas corticales primarias durante el procesamiento semántico.

Respecto a la necesidad de los sistemas sensorio-motores en las representaciones, una de sus principales hipótesis es que la información sensorial y motora es una parte esencial de la representación mental y del procesamiento semántico (Meteyard, et al., 2012). Desde esta perspectiva, los sistemas sensoriales y motores primarios son esenciales para las representaciones semánticas de eventos y objetos.

A diferencia de la visión más débil de la corporeidad, las posturas corpóreas fuertes plantean que las áreas motoras y sensoriales representan el contenido semántico en una red distribuida que es activada mediante un proceso de simulación.

Dos supuestos principales de estas teorías son: la activación automática de las propiedades del estímulo y la simulación interna de las acciones asociadas a éste (Fischer & Zwaan, 2008). Cuando un estímulo es percibido se activa automáticamente su representación corpórea. La activación de la representación corpórea genera la simulación mental de las propiedades del estímulo. Las representaciones están compuestas por simulaciones modales

basadas en la experiencia y en el conocimiento del mundo. Los estados sensorio-motores simulan experiencias perceptivas de nuestro entorno que han sido almacenados en nuestra memoria. Por lo que para reconocer un estímulo es necesario activar las propiedades perceptivas y motoras (como su color, forma o modo de uso) de la representación mental y así poder acceder a su significado.

La evocación de las propiedades del estímulo, de sus características sensorio-motoras, produce, por un lado, la activación de las mismas zonas cerebrales, motoras y sensoriales implicadas en la formación de su representación (Desai, Binder, Conant, & Seidenberg, 2010) Rueschemeyer, Rooij, Lindemann, Willems, & Bekkering, 2010; van Dam, Rueschemeyer, & Bekkering, 2010) y por otro, la simulación mental de la experiencia perceptivas del entorno en el que la representación fue creada.

La interacción entre los sistemas sensorio-motores y semánticos no dependen de la mediación de ningún otro proceso. El sistema semántico utiliza los mismos recursos que el sistema sensorial y motor durante el procesamiento perceptual, por lo que tienen una relación isomórfica. El contenido semántico contiene la misma información motora y sensorial presente en la experiencia real, sin tener la mediación de otro proceso cognitivo (Meteyard & Vigliocco, 2008). La simulación interna de las acciones asociadas a la representación permite la activación perceptiva y motora (Fischer & Zwaan, 2008). La información sensorio-motora representa el contenido semántico gracias a la simulación, por lo que dicha información está modulada por el procesamiento semántico y viceversa. De ahí que los efectos de la percepción o la acción se puedan evidenciar en el lenguaje y viceversa.

La simulación interna supone que, al recuperar un concepto, representamos la situación contextual en la que aparece. Un concepto está situado cuando las propiedades del estímulo resultan relevantes en un contexto determinado. De forma que el contexto aporta

información adicional como las acciones potenciales asociadas a una meta o los estados internos de la persona (Barsalou, 2009, 2010).

La cognición corpórea distingue dos tipos de procesamiento: en línea (on-line) y desplazada (off-line) (de Vega, 2005; Robbins & Aydede, 2009). El *procesamiento en-línea* (on-line) se ha asociado con una mayor dependencia entre cognición y los sistemas sensorio-motores, debido a que los referentes del lenguaje se corresponden a experiencias inmediatas perceptivas (Barsalou, Niedenthal, Barbey, & Rupert, 2003; Barsalou et al., 2008 en Urrutia & De Vega, 2012). La activación sensorio-motora corporal está asociada a estímulos inmediatos presentes en la tarea (de Vega, 2008; Urrutia & de Vega, 2012; Robbins & Aydede, 2009). Mientras que el *procesamiento aplazado* (off-line) implica la activación de estímulos sensorio-motores aún sin la presencia obligada del estímulo. Este tipo de corporeidad supone también una dependencia mayor de las áreas sensorio-motoras cerebrales cuando el input cerebral está ausente, es decir, al pensar acerca de un objeto sin su presencia física (de Vega, 2008).

De acuerdo con esta línea de corporeidad fuerte, la actividad de las áreas motoras y sensoriales modula las representaciones semánticas porque estas áreas simulan la experiencia real de los referentes de las palabras. Estos modelos sugieren que el sistema neuronal que utilizamos para percibir y actuar en el mundo es el mismo que usamos cuando comprendemos el lenguaje. El significado lingüístico se basa en esquemas sensorio-motores o patrones de activación corporal que se activan con el lenguaje y simulan experiencias perceptivas previas (de Vega, 2005; Zwaan & Kaschak, 2009).

Entre los autores y modelos más representativos en este grupo estarían algunos autores que se centraron en el estudio de la comprensión lingüística como Gallese y Lakoff (2005), Glenberg y Robertson (2000), Glenberg y Kaschak (2003) con la teoría de las metáforas conceptuales de Lakoff y Johnson (1980, 1999), y Zwaan (2003).

La teoría de las metáforas conceptuales de Lakoff y Johnson (1980, 1999) asume que las personas utilizan el conocimiento que poseen de su cuerpo y de las situaciones para construir conceptos abstractos por medio de metáforas. Uno de los supuestos principales de esta teoría es que los conceptos abstractos están fundamentados metafóricamente en el conocimiento situado o corpóreo. Así, conceptos como el amor pueden entenderse con la metáfora de comer (*ser consumido por el amor*), o la comprensión de sentimientos también se asocian a una situación espacial (*ella se sentía de bajón*). Y aunque se debate si el uso de estas metáforas solo refleja una convención social, algunos autores afirman que juegan un papel central en el pensamiento (Borodistky & Ranscar, 2002; Murphy, 1997 en Barsalou, 2008).

Según Lakoff (1987), existen tres procesos que transforman el significado de una palabra y su sintaxis, a un significado basado en la acción. En un primer momento se forman símbolos perceptuales modales mediante la percepción de referentes del mundo, basadas en estados cerebrales. Después, surgen posibilidades de acción o *disponibilidades* que a su vez forman nuevas disponibilidades basadas en la percepción de los referentes o su situación actual. Por ejemplo, colgar el abrigo sobre la aspiradora es posible, pero colgarlo sobre una copa, es imposible.

De acuerdo con estas teorías, la comprensión del lenguaje se basa en la simulación interna de las representaciones mentales. Para comprender el significado lingüístico es necesaria la co-activación de estados motores y perceptuales presentes en la representación del estímulo. De esta forma, la activación de las representaciones mentales producirá la simulación interna de las acciones y características descritas por el lenguaje (Fischer & Zwaan, 2008). La comprensión de un enunciado supone el uso de los mismos mecanismos implicados en la planificación y ejecución de una acción.

Algunas de las teorías a las que ha dado lugar la postura de corporeidad fuerte son las teorías de la acción situada y los modelos de situación que comparten la idea de la simulación como base de la cognición. La mayoría de estas teorías tienen su origen en el ámbito de la robótica. Estas teorías tienen su base en el papel que tiene la percepción y la acción en la cognición, en particular en lograr metas (Barsalou, 2008). Entre sus postulados principales está la influencia que tiene el ambiente en los procesos cognitivos (Gibson, 1979). Estas teorías se basan en sistemas dinámicos que contienen representaciones que no son fijas. Estos sistemas, encargados de procesos como la percepción, acción o cognición son parte de otros estados continuos que se desarrollan por medio del aprendizaje continuo. Los sistemas funcionan de forma integrada con el ambiente para cumplir los objetivos deseados por medio de los efectores. Desde una perspectiva centrada en la percepción-acción, lo que percibimos se relaciona necesariamente con como actuamos (Gibson, 1979).

Un ejemplo de estas teorías lo encontramos en la teoría del affordance, propuesta por James G. Gibson en 1979, según la cual la experiencia es fundamental para la formación de las representaciones mentales. De acuerdo con esta teoría, el significado se forma mediante la activación de simulaciones sensorio-motoras de situaciones, acciones o emociones a partir del contexto o de sus disponibilidades “*affordances*” (Gibson, 1979). Las disponibilidades son interacciones potenciales entre el cuerpo y los objetos (Gibson, 1979; Tucker & Ellis, 1998).

Estas acciones potenciales se forman a partir de la integración de disponibilidades con una acción enfocada a una meta y el significado se construye en base a un conjunto de acciones potenciales.

En relación a la comprensión del lenguaje, las disponibilidades juegan un papel importante. La comprensión se basa en la simulación de situaciones ya sean descritas por el lenguaje o a través de estímulos particulares. Así, el acceso al significado parte de la

consideración de las posibles affordances, las acciones potenciales en una situación en particular (Glenberg & Kaschak, 2003). Las affordances simulan situaciones descritas en las frases, y utilizan información sensorial y motora para utilizarlas en un contexto determinado.

De acuerdo con la hipótesis indexical el contenido semántico del lenguaje con la acción está asociado mediante su preparación en un ambiente específico. Las palabras son indexadas a objetos en el ambiente por medio de símbolos perceptivos, los cuales representan objetos reales. La información gramatical guía la integración de acciones de las posibles disponibilidades que se combinan en una simulación única, a partir de indicios de la estructura gramatical de la oración (Glenberg & Kaschak, 2002; Urrutia & de Vega, 2012). Así, la forma gramatical de la frase brinda una simulación cognitiva que combina la disponibilidad y el objetivo de la acción. Dicho de otro modo, si la disponibilidad se corresponde con una posible acción la frase es comprendida. Por el contrario, si la disponibilidad no se puede integrar de ninguna forma que permita guiar la acción, la comprensión es incompleta y la frase se considera que no tiene sentido, aunque todos los elementos sintácticos de la oración sean adecuados.

La conceptualización basada en la acción es un proceso que se construye cuando el individuo logra entender como el cuerpo puede interactuar con los objetos. Desde esta perspectiva el significado está siempre situado, el significado orientado a la acción varía en función del contexto. Es decir, una botella puede ser utilizada para beber agua o como un arma. Por lo tanto, para que exista una comprensión del lenguaje la persona debe estar situada, es decir, percibir un contexto específico y un propósito de realizar una acción inmediata o distante (Zwann, 2014). La memoria tiene la capacidad de combinar patrones de acción codificados en función del contexto y de las posibilidades de acción del cuerpo (Glenberg, 2007). Es decir, si vemos una botella bajo un grifo de agua, el patrón de acción activado será tomar la botella para rellenarla, pero si vemos una botella en manos de alguien

que está peleando, el patrón de respuesta será huir. Por lo que la categorización de los objetos es flexible y dependiente del contexto, debido a que un mismo objeto puede ser utilizado para lograr distintas metas (Barsalou, 1993).

De acuerdo con algunas teorías de la representación de la acción, la activación de las estructuras motoras es parte del proceso dinámico que integra el significado léxico potencial de un término y un contexto. Este proceso permite la construcción en línea de un modelo de situación, el cual es un proceso crucial para una comprensión del lenguaje fluido y eficiente al momento (Aravena et al., 2014). Así, la comprensión de una palabra de acción como un verbo, puede representarse por su significado en relación a diversas situaciones. Por ejemplo, si la palabra “abrir” se procesa de forma aislada podría representarse tanto la acción de abrir una ventana o una botella (Barsalou, 2003).

Sin embargo, no resulta claro si la activación motora es una parte integral del léxico semántico o si es el resultado de una construcción post-léxica de un modelo de situación (Aravena et al., 2014). Cuando una persona intenta comprender el significado de una palabra resulta imposible realizar una simulación de todas sus propiedades sensorio-motoras. Debido a las limitaciones de la memoria de trabajo, una persona mantiene el foco atencional durante pocos segundos en algunos conceptos o eventos. Por lo que es necesario la *modulación de la accesibilidad* al significado del lenguaje. Esto significa que, la activación de determinadas propiedades de un objeto dependerá de las restricciones situacionales proporcionadas por el contexto lingüístico (Urrutia & de Vega, 2012). Por ejemplo, si se describe un objeto como “piano” en el contexto de una mudanza, las propiedades referentes a la acción de mover el piano resultarían pertinentes, como es el peso o la fuerza. En cambio, si el contexto de acción es “escuchar un piano”, resultarían más pertinentes las propiedades auditivas y por tanto resultarían más accesibles (*hipótesis de accesibilidad*) (Anderson & Ortony, 1975; Denis & Le Ny, 1986 en Urrutia & de Vega, 2012; Zwaan & Kaschak, 2009).

Según Barsalou (2009), un concepto está situado cuando las propiedades del evento resultan relevantes en una situación determinada, cuando hay información contextual en el que aparece el concepto, cuando se manifiestan acciones potenciales y cuando estados internos como emociones u otras operaciones cognitivas interactúan con la categoría inserta en la situación del momento. Smith y Semin (2004) encontraron evidencia de que la acción situada permite organizar la cognición social. Algunos autores consideran que estos efectos reflejan los mecanismos que subyacen la acción situada (Barsalou et al., 2003). Según esta teoría, recordamos estados corporales asociados a la representación de una situación familiar (e.g., recibir un regalo produce sonrisas y felicidad). Cuando se presenta una situación similar (e.g., recibir algo) se activarán los patrones corporales asociados a dicha representación (e.g., sonreír).

La teoría propuesta por Gallese y Lakoff (2005) plantea que las representaciones conceptuales se basan en los mismos sustratos neuronales utilizados para la percepción, la acción, la imaginación y la comprensión lingüística. Estos autores sugieren que la integración multi-modal se produce por grupos funcionales dentro de una misma modalidad y no por una integración inter modal. Y son estas agrupaciones las que forman las representaciones por medio de simulaciones. Bajo esta perspectiva, las representaciones están organizadas por los sistemas sensoriales y motores y son producidos por los mismos.

### **Resumen y conclusiones**

El presente capítulo tuvo como objetivo revisar la literatura disponible hasta la fecha relacionada con las representaciones mentales. Así, en un primer punto, he definido que se entiende por representación mental y he realizado un recorrido por los marcos teóricos que, desde diferentes áreas de conocimiento han abordado el estudio teórico del significado de las representaciones.

En un segundo punto, he abordado el estudio del concepto de representación mental repasando la historia del mismo. Se ha visto como la mayoría de autores consideran que la acción tiene una implicación importante en el contenido de las representaciones mentales.

En un tercer punto, he descrito varias dimensiones que caracterizan las distintas teorías de representación, y he concluido que la dimensión de corporeidad sería la más apropiada para diferenciar las distintas teorías. Finalmente, se describieron cuatro grupos teóricos diferenciados por el grado de corporeidad o dependencia de los sistemas sensorio-motores.

Concluyo este apartado mostrando un interés especial por los estudios de la corporeidad como el enfoque más adecuado para el estudio de la acción en la memoria. El desarrollo de las actuales técnicas de neuroimagen funcional y el creciente interés por el papel de la percepción y la acción en la cognición han estimulado nuevos temas de debate y, en consecuencia, el desarrollo de posturas teóricas alternativas, como las corpóreas. La literatura existente ha encontrado una fuerte relación entre la información relacionada con la acción motora y el contenido de las representaciones. Sin embargo, el grado de implicación de los sistemas motores en la representación del significado continúa siendo un tema de debate importante.

Así mismo, un enfoque más prometedor en la comprensión de las representaciones serían las nuevas posturas teóricas (las teorías híbridas que integran postulados tanto de las teorías simbólicas como corpóreas) presentadas en este capítulo, debido a que brindan explicaciones conciliadoras para las discusiones actuales.

## Capítulo 2. DEBATE CRÍTICO DE LAS DIMENSIONES DE ORGANIZACIÓN TEÓRICA

En este capítulo nos centraremos en analizar la evidencia empírica que pone a prueba los principales supuestos de las teorías de la representación, expuestas en el capítulo 1, relacionadas con: 1) la necesidad de la información sensorio-motora como parte fundamental de las representaciones semánticas (hipótesis corpórea); y 2) el compromiso directo o indirecto de la conexión entre el contenido semántico y los sistemas sensorio-motores. Con el fin de explorar el grado de implicación de los sistemas sensoriales y motores en las representaciones semánticas y de su procesamiento, se discutirá la evidencia comportamental, neurocientífica y neuropsicológica más reciente.

En un primer momento, se revisarán los principales estudios clínicos desde el campo de la neuropsicología que han servido para probar la necesidad de los sistemas sensoriales y motores en el procesamiento de las representaciones. A continuación, con el fin de investigar si la conexión es directa o indirecta, se describirán los principales hallazgos desde el campo de la neurociencia y se analizará la evidencia comportamental. Finalmente, se discutirán algunos temas controvertidos de cada una de las diferentes posturas, para integrar los resultados contradictorios observados y poder considerar propuestas conciliadoras que integren los temas debatidos y poder así formular nuevos objetivos de investigación.

### **¿Se organizan los conceptos en categorías innatas o en propiedades corporales basadas en la experiencia?**

El debate del papel que tienen las categorías innatas y las experiencias sensoriales en la cognición humana, en la adquisición del conocimiento conceptual, tiene antecedentes en

la filosofía racional de Kant y el empirismo de Hume. Actualmente, la neurociencia cognitiva moderna ha brindado evidencia controvertida neuropsicológica y de neuroimagen funcional.

### *Dominios específicos innatos*

Por un lado, la investigación en neuroimagen ha demostrado que algunas regiones dentro del sistema visual ventral, relacionadas con la identificación de los objetos por su forma visual, presentan una activación diferencial para determinadas categorías. Estos estudios muestran activación en regiones localizadas cuando se procesan categorías específicas. Estudios con resonancia magnética funcional (fMRI) han evidenciado circuitos neuronales distintos para el procesamiento de objetos vivos como animales y rostros humanos y otro para objetos no vivos como herramientas (Cox & Savoy, 2003; Haxby et al., 2001; Martin & Chao, 2001; Spiridon & Kanwisher 2002).

Para objetos animados, se han asociado el surco temporal superior posterior (STSp), la amígdala, la corteza prefrontal medial y dos regiones en la corteza temporal posterior: el giro fusiforme lateral (GFL) y el giro temporal inferior (GTI) (Yang et al., 2005; Mitchell et al., 2002). Los rostros se han asociado con el área fusiforme facial (FFA) y los animales con el giro fusiforme lateral y el giro temporal inferior (Chao, Haxby & Martin, 1999).

El circuito neuronal de objetos inanimados incluye áreas del hemisferio izquierdo como la región media del giro fusiforme, el giro temporal medio posterior (GTMp), el surco intra-parietal, la corteza pre-motora ventral y la corteza hipocampal y parahipocampal (Chao et al., 1999, 2002; Creem & Proffitt, 2001; Martin, Ungerleider, & Haxby, 2000; Mechelli et al. 2006). Particularmente, las herramientas se han asociado con la corteza parahipocampal y el giro fusiforme medial; los conceptos numéricos se han asociado con regiones del surco intraparietal (Dahaene, 2011); el reconocimiento de lugares famosos y edificios se ha relacionado con la activación específica del área hipocampal y parahipocampal (Downing et al., 2001; Kanwisher et al. 2003) (véase Figura 3).

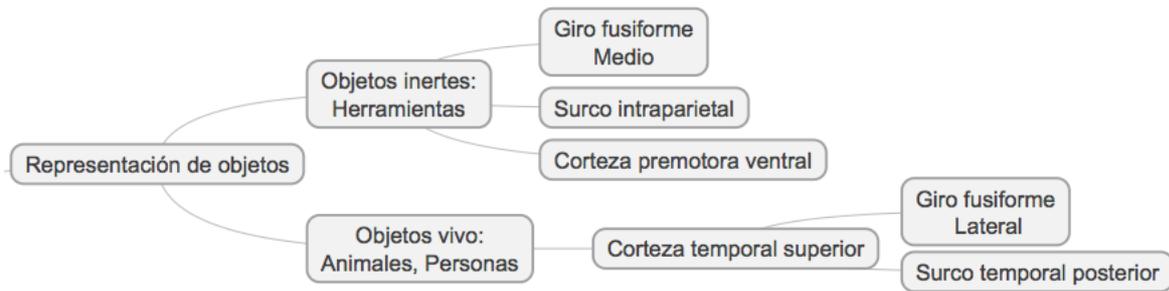


Figura 3. El circuito neuronal de objetos sin vida y objetos vivos asociados con categorías específicas.

La especificidad neuronal de ciertas áreas por categorías se ha demostrado en estudios neuropsicológicos que muestran déficits de categorías específicas cuando existe alguna lesión. Estas lesiones provocan la incapacidad a nivel semántico, en el conocimiento conceptual de determinadas categorías (Warrington & McCarthy, 1983; 1987; Warrington & Shallice, 1984).

De acuerdo con la hipótesis que explica como las preferencias de categorías en la vía ventral son formadas en el cerebro, las representaciones por categoría son en parte determinadas por dimensiones de similitud. La arquitectura funcional cerebral surge por computaciones de dominios conceptuales diferentes, independientes de la experiencia sensorial y motora. Esta hipótesis va en línea con la idea propuesta por las posturas amodales, de que los conceptos están organizados por categorías o dominios específicos que no se reducen a la experiencia visual de los individuos (Caramazza & Shelton, 1998; Carey, 1994; Duchaine, 2006; Mahon et al., 2007).

Una de la evidencia más clara a favor de la organización del contenido de la información en categorías innatas viene de un estudio neuropsicológico. Mahon y colaboradores (2009) observaron que las personas con ceguera congénita activaron las mismas regiones cerebrales (corteza occipito-temporal ventral) que sujetos con visión normal cuando realizaban tareas de juicio de tamaño. Estos autores concluyeron que la experiencia

visual no es fundamental para la formación de las representaciones de los objetos. Sin embargo, una hipótesis alternativa es que la dimensión de conocimiento de tamaño se base en otras dimensiones sensoriales como la información táctil, por lo que quizá este conocimiento esté organizado en una forma completamente diferente. Asimismo, De Volder et al. (2001) observaron activación de áreas de asociación visual y occipital en el giro fusiforme en participantes ciegos y con visión normal. Sin embargo, estos resultados sugieren una predisposición cerebral innata o una reorganización intermodal. La reorganización intermodal, necesaria para utilizar las mismas áreas corticales, es desarrollada a través de la experiencia, lo cual supone un procesamiento de alto nivel.

Algunos estudios neurofisiológicos han demostrado que la representación de los objetos puede tener una organización categorial. Se ha concebido que el reconocimiento de objetos depende de la vía de procesamiento occipito-temporal ventral, estos estudios han demostrado que el patrón de actividad de la corteza temporal posterior depende de la pertenencia del objeto percibido en una categoría (Grill-Spector & Malach, 2004). Sin embargo, otros estudios de neuroimagen funcional han mostrado evidencia de que estas regiones de la corteza occipito-parietal no tienen una organización homogénea, sino que contienen subestructuras diferenciadas que reaccionan de forma distinta según cada categoría.

### *Propiedades de modalidad específica basadas en la experiencia*

A favor de la idea de que los conceptos están organizados por características modales, surgieron propuestas como la teoría sensorial/ funcional, que sugiere que existe una correlación entre determinada categoría y determinado sistema modal para su identificación (Warrington & McCarthy, 1983; 1987; Warrington & Shallice, 1984) (véase figura 4). Según este enfoque, los conceptos están representados en el cerebro en la corteza sensorial y motora de forma recíproca. Esta teoría sugiere una relación directa entre las características sensorio-

motoras y su localización topográfica. El procesamiento de diferentes categorías produce la activación específica en determinado sistema modal. De acuerdo con Martin (2007) las áreas que están relacionadas con propiedades sensorial específicas normalmente están agrupadas en una categoría. De ahí que el procesamiento de distintos estímulos como las comidas activen áreas relacionadas al gusto (Simmons et al., 2005), los estímulos olorosos activen áreas olfativas (Gonzalez et al. 2006), los animales activen áreas visuales y las herramientas activan áreas motoras (Kiefer, 2005; Thompson-Schill, 2003).

Asimismo, se sugirió una granularidad más fina en la especificidad neuronal para diferentes categorías. Se observó que diferentes categorías dan más valor a un tipo de información visual en comparación con otro. De modo que, entidades vivas dependerán de las características visuales, mientras que entidades no vivas dependerán de propiedades funcionales. Por ejemplo, información relacionada con el color es más pertinente para el reconocimiento de frutas, mientras que la información en relación al movimiento es útil para la identificación de animales (Crutch & Warrington, 2003).

Sin embargo, diversos estudios han demostrado que el daño en un sistema modal específico provoca déficits en el procesamiento conceptual de determinadas categorías, en línea con la teoría funcional/ sensorial que sugiere que la disociación entre diferentes categorías surge por el daño cerebral de un sistema modal específico (Cree & McRae, 2003; Damasio & Damasio, 1994, Gainotti, 2006; Humphrey & Forde, 2001; Simmons & Barsalou, 2003; Warrington & McCarthy, 1987; Warrington & Shallice, 1984).

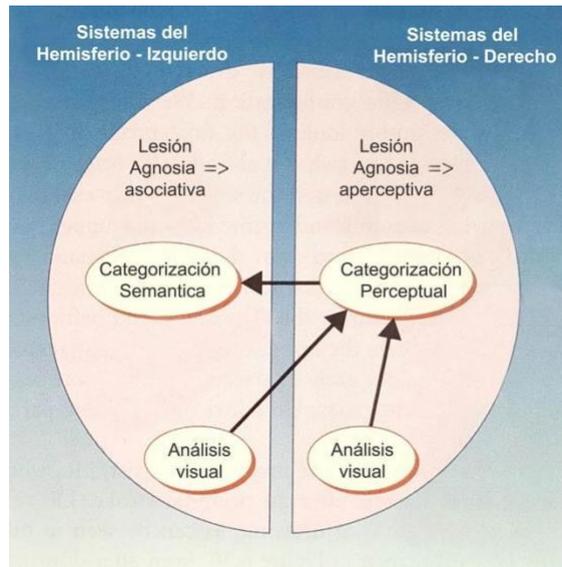


Figura 4.. Modelo de procesamiento visual propuesto por Elizabeth Warrington (Gazzaniga, Ivry, & Mangun 2014).

Las propuestas corpóreas son compatibles con la hipótesis de que las preferencias categoriales dependen de dimensiones locales basadas en la similitud definidas por la experiencia visual. Aquí la arquitectura neuronal surge por la relación entre dominios específicos con tipo de información sensorial y motora, siendo la experiencia un factor crítico en su formación (Warrington & McCarthy, 1987).

Otros estudios han evidenciado que la adquisición de representaciones conceptuales para objetos nuevos depende de la experiencia (James & Gauthier, 2003; Kellenbach, Brett, & Patterson, 2003; Noppeney et al., 2006; Weisberg et al., 2007). Se ha documentado que diferencias individuales como la preferencia manual o la experiencia pueden ser factores que modulan la activación durante la comprensión del lenguaje, en línea con la propuesta de las teorías débiles. Por ejemplo, Willems y colaboradores (2010) evidenciaron que las diferencias individuales determinan la naturaleza de las activaciones motoras durante tareas de comprensión. En su estudio exploraron como la preferencia manual influye en la actividad motora durante el procesamiento de palabras relacionadas con acciones manuales. Los resultados mostraron activación en la corteza premotora izquierda en personas diestras, y

áreas pre-motoras derechas en personas zurdas. Estos resultados sugieren que los componentes motores de la semántica de verbos relacionados con acciones manuales son específicos a su respectiva parte del cuerpo. De forma similar otros estudios también han demostrado el uso de la imaginación motora como estrategia de entrenamiento efectivo en deportistas (Jones & Stuth, 1997).

Otro ejemplo de la influencia del nivel de experiencia en la comprensión lo observamos en estudios realizado con jugadores expertos de hockey y no expertos. La simulación motora que tiene un deportista experto, como un jugador de hockey, será diferente a la presente en un novato. La lectura de conceptos relacionados con hockey producirá una simulación motora únicamente en el experto, mientras que el novato no tendrá activación alguna (Holt & Beilock, 2006). Similarmente, en otro estudio se presentaron frases relacionadas con el hockey y frases de acciones de la vida cotidiana a jugadores expertos y no expertos. En las frases relacionadas con el hockey (*“El jugador de hockey se aferró al disco”*) se observó mayor activación de la corteza premotora en los jugadores expertos en comparación con los no expertos. Por el contrario, en frases de la vida cotidiana (*“La persona cerró el libro”*) no se observó ninguna diferencia entre los dos grupos (Beilock et al, 2008; Lyons et al., 2009). Estos estudios sugieren que la activación del sistema motor individual no es esencial para la comprensión, en línea con las propuestas de las teorías débiles.

En suma, la evidencia presentada por los primeros estudios de neuroimagen ha sido de suma importancia para distinguir si los conceptos son representados en categorías o por características perceptivas. Estos estudios se enfocaron en identificar los sistemas neuronales que subyacen al procesamiento conceptual dando mayor importancia al contenido de los conceptos (si la representación es de un perro o de una fruta) que al formato de los conceptos. Particularmente la investigación en neurociencias se centró en comprender: 1) como el conocimiento conceptual se organiza en el cerebro de forma que permita la disociación de

categorías semánticas tras lesiones cerebrales, 2) cómo distintos sistemas neuronales pueden tener representaciones disociables entre el conocimiento de objetos (sustantivos) y el conocimiento de la acción (verbos); y 3) cómo los sistemas de reconocimiento visual pueden procesar de forma diferente información relacionada con la identificación del objeto, la dirección de la acción orientada hacia el objeto y la información espacial.

La primera generación de teorías formadas a partir de estas investigaciones se caracterizó por ser unidimensionales, considerándose que los conceptos se organizaban por categorías, por modalidad, si son amodales o distribuidas. Sin embargo, las explicaciones insuficientes de los nuevos hallazgos observados en el campo, propuestas por las primeras teorías, motivó una nueva generación de teorías híbridas que integran propuestas teóricas contrarias.

En conclusión, la evidencia indica la formación de representaciones basadas en la experiencia con propiedades de modalidad específica codificadas en áreas motoras y sensoriales. Aunque se han identificado distintas regiones que manifiestan preferencias por categorías específicas en un sistema distribuido, es posible que la experiencia motora y sensorial pudiera influir los resultados empíricos que soportan la noción de especialización innata.

### **¿Cuál es el formato de representación de los conceptos, amodal o modal?**

Uno de los principales debates en la investigación cognitiva ha sido el formato de las representaciones. Cuando se afirma que el formato de las representaciones puede depender de su contenido, hay tres posibles conclusiones que se pueden formular: 1) Los conceptos se representan como símbolos en un formato amodal abstracto en un núcleo conceptual, independiente de regiones sensoriales y motoras. El formato es arbitrario y no se limita por el contenido de los conceptos (teorías simbólicas); 2) Los conceptos son

representados en un formato modal de forma distribuida en sistemas de modalidad específica sensorial y motora. Existe un isomorfismo entre el formato y el contenido. El formato de los conceptos está determinado por su contenido, por lo que su relación no es arbitraria (teorías corpóreas fuertes); 3) Los conceptos se representan en formato supramodal, al menos una parte es modal, (corporeidad débil). A continuación, se presentará evidencia empírica que pone a prueba la hipótesis corpórea de que la información sensorio-motora es parte fundamental y necesaria de las representaciones semánticas.

### *Representaciones amodales*

Con el fin de probar la hipótesis de que la simulación de motora y sensorial es necesaria para el procesamiento conceptual, ha sido necesario demostrar que cuando la activación de la simulación de la acción motora y perceptual se ve comprometida por algún daño, la comprensión conceptual también se interrumpe. La evidencia neuropsicológica que ha analizado si el daño de los sistemas sensorio-motores afecta el procesamiento semántico conceptual es diversa.

La evidencia a favor de las representaciones amodales se observa en investigaciones neuropsicológicas con pacientes con enfermedades degenerativas, en particular en demencias fronto-temporales. Se ha observado que pacientes con demencia semántica (DS) presentan incapacidad en el procesamiento conceptual (Hodges et al., 1992; Patterson et al., 2007). Los pacientes con DS sufren daño focal en la corteza temporal que progresa a zonas frontales. En etapas iniciales se caracterizan por presentar una pérdida del conocimiento conceptual en diversos dominios (animales, herramientas) o características conceptuales (auditiva, visual, relacionada a la acción), en el reconocimiento de ejemplares atípicos de una categoría (Rogers et al., 2004; Patterson et al., 2007). A medida que la enfermedad progresa de áreas posteriores a zonas frontales, se va observando una incapacidad generalizada de información

conceptual derivada de diferentes canales motores y sensoriales. La capacidad de reconocimiento de ejemplares típicos de una categoría se va perdiendo en etapas avanzadas. Y debido a que esta zona se dedica al procesamiento de relaciones entre conceptos, e integra información derivada de regiones sensoriales y motoras se ha propuesto que áreas de la corteza temporal anterior son el sustrato neuronal de los conceptos (Patterson et al., 2007; McClelland & Rogers, 2003; Rogers et al., 2004).

La implicación de áreas temporales anteriores en el procesamiento conceptual se ha evidenciado también en estudios neurofisiológicos que utilizan estimulación magnética transcraneal (EMT). La estimulación en áreas temporales anteriores afecta negativamente el rendimiento en tareas semánticas (Pobric et al., 2010a; Pobric et al., 2010b).

Se ha observado en estudios realizados con pacientes que presentan lesiones en el sistema motor que no presentan problemas graves e incluso ninguna incapacidad en el procesamiento conceptual (Hickok, 2014; Mahon, 2015; Mahon & Caramazza, 2005). Otros estudios también han demostrado que la incapacidad para el uso de herramientas no afecta la capacidad de reconocerlas, lo cual podría indicar que los conceptos motores no se representan en función de la información motora que sustenta su uso (Baxbaum et al, 2000; Garcea et al, 2012; Garcea, Dombovy, & Mahon, 2013; Negri et al., 2007; Ochipa et al., 1989). Similarmente, pacientes con lesiones en áreas motoras preservan la capacidad para reconocer acciones (Hickok, 2009, 2014; Negri et al., 2007; Rumiati et al., 2001; Vanuscorps & Caramazza, 2016). Sin embargo, también se ha sugerido que estos resultados podrían evidenciar el papel que tienen las neuronas espejo en el reconocimiento de la acción. Estos resultados van en línea con el supuesto de que el sistema conceptual no se basa en los sistemas sensoriales y motores defendido por las teorías amodales.

Algunos estudios han puesto de manifiesto que las lesiones motoras no afectan la activación de las áreas afectadas necesariamente. Por ejemplo, se ha observado que, aunque

las estructuras asociadas al uso de herramientas se encuentren dañadas se activan igual al identificarlas (Chao & Martin, 2000; Lewis, 2006; Mahon et al., 2013; Noppeney et al., 2006). Asimismo, se ha observado que pacientes que presentan incapacidad para mover los pies son capaces de usar conceptos motores como “patear” en conversaciones o en tareas de reconocimiento, y activan las mismas regiones motoras implicadas en el acto de patear durante el procesamiento del concepto. Es por esta asimetría de las lesiones con la evidencia de activación que la evidencia neuropsicológica tiene un rol fundamental en la distinción entre formato y el contenido de las representaciones.

### *Representaciones modales*

La evidencia a favor del formato modal de las representaciones conceptuales viene del campo de la neuropsicología cognitiva. De acuerdo con las predicciones realizadas por las teorías corpóreas fuertes, el déficit en los sistemas sensoriales y motores causaría incapacidad severa en el procesamiento de palabras relacionadas con características sensoriales y motoras. Esta incapacidad se manifiesta por una inhabilidad para realizar tareas semánticas y alto nivel de errores. Entre los estudios que apoyan las predicciones de las teorías fuertes están aquellas con pacientes con discapacidad motora/visual que reportan discapacidad en el procesamiento de palabras relacionadas con acciones motoras, características visuales (como movimiento, color o forma), y en el procesamiento de contenido motor y sensorial (realizar acciones motoras), reconocer características visuales como movimiento, color o forma (Bak, O'Donovan, Xuereb, Boniface, & Hodges, 2001; Boulenger et al., 2006; Cotelli et al., 2006; Daniele et al., 1994; Kemmer et al., 2013; Gainotti, 2004; Gainotti et al., 1995; Neininger & Pulvermüller, 2003, 2001). Sin embargo, para demostrar los presupuestos descritos previamente, esta incapacidad no tiene que afectar también a la comprensión de las palabras de otras modalidades.

En relación al ámbito motor se ha descrito que pacientes con discapacidad motora presentan rendimiento anormal en tareas que manejan conceptos de acciones (Bak et al., 2001; Boulenger et al., 2006; Kemmer et al., 2013), así como problemas en el conocimiento conceptual de herramientas. Asimismo, lesiones frontales o parietales producen incapacidad de acceso al conocimiento de objetos herramientas, para los que la información motora es relevante (Gainotti, 2004; Gainotti et al., 1995). También se ha observado que el déficit en el procesamiento de verbos relacionados con la acción comparados con sustantivos se produce por lesiones en la corteza motora y premotora del hemisferio derecho no dominante (Neininger & Pulvermüller, 2003, 2001), y en pacientes que sufren derrames cerebrales en la corteza frontal y enfermedades degenerativas que afectan el sistema motor (Bak et al., 2001; Cotelli et al., 2006; Daniele et al., 1994). En la misma línea, la disociación en el procesamiento de verbos y sustantivos se puede observar con imágenes (Kemmerer et al., 2011; Bak et al., 2006). Los déficits en sustantivos y verbos relacionados con acciones manuales se han visto afectados en pacientes afásicos (Arevalo et al., 2007).

Bak y colaboradores (2001) observaron que pacientes con Alzheimer que presentaban cambios patológicos en las áreas 44 y 45, relacionadas con el área de Broca, presentaban problemas en la comprensión y producción de verbos de acción en comparación con la de sustantivos y objetos (Siri et al., 2008). En la misma línea, Boulenger y colaboradores (2008) observaron en pacientes con Enfermedad de Parkinson (EP) que los efectos priming para verbos de acción en tareas de decisión léxica fueron diferentes en función de la recaptación de levodopa. Los pacientes mostraron mayor reconocimiento de verbos cuando la medicación estaba activa (incremento de recaptación de levodopa) en comparación cuando no lo estaba. El priming para sustantivos concretos no cambió en función del momento de ingesta de la medicación. Estos resultados sugieren que la disfunción del sistema motor observada en pacientes con Parkinson afecta el procesamiento de verbos de acción, en línea con las

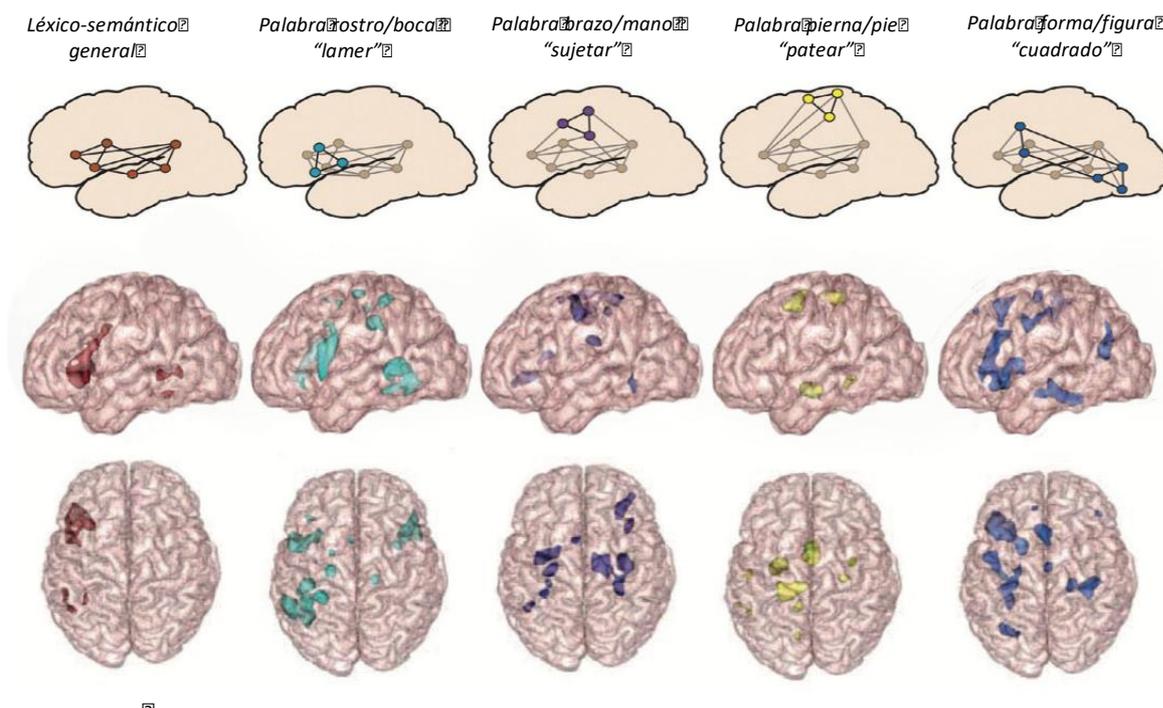
predicciones de las teorías fuertes y débiles de que el procesamiento de los verbos de acción involucra el sistema motor.

Respecto a los estudios que evalúan el déficit sensorial, se ha evidenciado las consecuencias a nivel semántico que presentan pacientes con daño en los sistemas sensoriales. Por ejemplo, pacientes con afasia progresiva primaria que sufren de atrofia en regiones próximas a la corteza auditiva primaria presentan déficit en el conocimiento de sonidos de objetos (Bonner & Grossman, 2012; Kiefer et al., 2008). El déficit en el procesamiento de objetos naturales (animales), para los que la información visual es relevante, se ha observado en pacientes con lesiones en la corteza de asociación visual, en corteza occipital inferior y corteza temporal (Tranel et al., 1997a, 1997b; Hart & Gordon, 1992). Asimismo, las lesiones focales en el giro temporal superior posterior (GTSp) y el giro temporal medio (GTM), asociado con el procesamiento de conceptos relacionados a los sonidos, produce incapacidad en acceder a conceptos para los que las características acústicas son relevantes (Trumpf et al., 2011).

La principal evidencia de que los conceptos están representados por información sensorio-motora, la hipótesis de la cognición corpórea, está determinada por estudios de neuroimagen que demuestran activación de áreas sensoriales y motoras cerebrales específicas durante el procesamiento conceptual. Diversos estudios han demostrado la activación de áreas corticales motoras, premotoras y de sus correspondientes efectores específicos, así como de la corteza parietal inferior durante el procesamiento léxico y semántico (Aziz-Zadeh et al., 2006; Buccino et al., 2005; Chao & Martin, 2000; Desai, Binder, Conant, & Seidenberg, 2010; Kemmerer, Castillo, Talavage, Patterson, & Wiley, 2008; Pulvermüller, Hauk, Nikulin, & Ilmoniemi, 2005; Pulvermüller, Shtyrov, & Ilmoniemi (2005); Rueschemeyer, Rooij, Lindemann, Willems, & Bekkering, 2010; Saccuman et al., 2006; Van Dam et al., 2010). Particularmente, se ha demostrado la

activación de la corteza premotora y motora durante la comprensión de lenguaje que refiere a acciones del cuerpo (Aziz-Zadeh et al., 2006; Pulvermüller et al., 2000, 2001; Tettamanti et al., 2005; Vigliocco et al., 2006), a acciones con herramientas u objetos manipulables (herramientas) (Chao & Martin, 2000; Grabowski et al., 1998; Gerlach et al., 2002). Los hallazgos de neuroimagen presentados en estudios de comprensión del lenguaje han evidenciado la relación directa o isomorfa entre el contenido y el formato.

Respecto al ámbito motor, estudios de magnetoencefalografía (MEG) y electroencefalografía demostraron que la comprensión de palabras relacionadas con la acción activa las mismas áreas cerebrales asociadas a la ejecución de la acción, sugiriendo un procesamiento semántico automático en el sistema motor (Kiefer, 2001, 2005; Pulvermüller et al., 1999; Pulvermüller et al., 2005). Por ejemplo, Pulvermüller (2005) observó que cuando los participantes leían palabras de acción (*lamer, sujetar, patear*) realizadas con diferentes partes del cuerpo (*boca, manos, pies*) se observó activación temprana (150-220 ms de la presentación) de partes específicas del sistema motor implicadas en la ejecución de los movimientos de la lengua, manos y pies. Estos resultados sugieren que la simulación, (mediante la activación modal) tiene un papel primario en las representaciones mentales (Pulvermüller et al., 2001, 2005). En la figura 5 se muestra el patrón de activación observado en un estudio de RMif realizado por Pulvermüller, Kherif, Hauk, Mohr, & Nimmo-Smith, (2009) durante el procesamiento semántico de para el léxico general y para categorías semánticas específicas. Estos resultados sugieren que la información motora es seleccionada dependiendo del contenido del lenguaje y que la actividad, simulada automáticamente, es una parte necesaria del acceso semántico (Hauk et al., 2008).



*Figura 5.* Resultados de un análisis de resonancia magnética funcional (IRMf) que revela la activación producida por palabras sin categoría específica y la activación por palabras de cuatro tipos de categorías semánticas. Estos resultados son contrastados con patrones de activación producida por categorías de palabras individuales. Los circuitos de activación de categorías específicas semánticas están distribuidos en diferentes áreas en ambos hemisferios y los circuitos léxico-semánticos compartidas por palabras sin categoría específica se localizan en las áreas perisilvianas. La activación de las categorías específicas, confirman la predicción de los modelos distribuidos, así como de modelos más extensos. Adaptado de Pulvermüller y colaboradores (2009).

Otro estudio que ha demostrado también un solapamiento de activación durante lectura pasiva de palabras de acción de brazos y piernas. El procesamiento de palabras de acción activa áreas motoras en función de la parte corporal involucradas en llevar a cabo la acción: las palabras relacionadas con acciones realizadas con los pies “patear” activaron áreas de la corteza motora dorsal, mientras que las palabras realizadas con manos “sujetar” y con el rostro “lamer” activaron regiones de la corteza motora lateral y ventral (Hauk & Pulvermüller, 2004). Estos resultados muestran que el patrón de activación se relaciona con la corteza somatotópica, lo que sugiere que el significado conceptual de palabras de acción se basa en áreas motoras de efectores específicos como también se ha demostrado en otros estudios. En otro estudio similar de RMf realizado por Pulvermüller, Kherif, Hauk, Mohr & Nimmo-Smith (2009) mostraron patrones de activación distribuida durante el procesamiento

semántico de categorías específicas durante la lectura de estímulos de palabras escritas (Véase Figura 6).

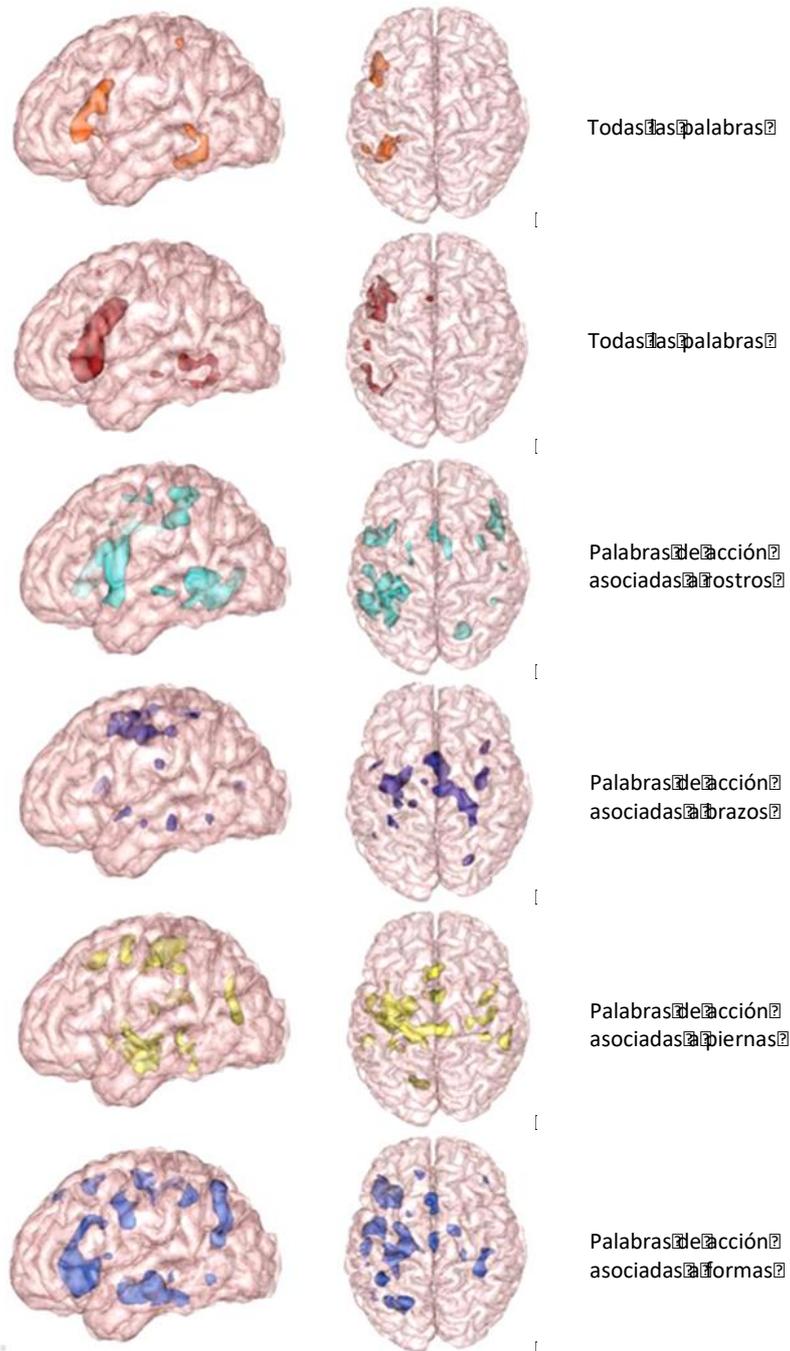


Figura 6. La visión del corte lateral del hemisferio izquierdo y el corte dorsal del cerebro muestran el patrón de activación de palabras generales de ningún tipo específico (en naranja y marrón), así como la activación específica a palabras relacionadas con rostros (cian), brazos (morado), piernas (amarillo), y formas visuales (azul). Imagen adaptada del estudio de Pulvermüller (2012).

Asimismo, en un estudio realizado por Goldberg y colaboradores (2006) demostraron que la recuperación de propiedades sensoriales y motoras produce la misma activación neuronal que está presente en el procesamiento sensorial y motor. Cuando los participantes tenían que juzgar las propiedades visuales, auditivas, gustativas y táctiles de objetos, se observó la activación de regiones asociadas al procesamiento sensorial y motor en cada una de las modalidades. Esto es, la activación de áreas modales correspondientes a las propiedades evaluadas, incluyendo áreas para la forma, color, tamaño, sonido, gusto y acción. Estos resultados corroboran la idea de que la simulación juega un papel central en el procesamiento conceptual (Goldberg et al., 2006; Kan et al., 2003; Martin 2001, 2007 Simmons et al., 2007).

La evidencia neurofisiológica, en ámbitos distintos al motor, ha evidenciado la activación de las mismas vías neuronales implicadas en diversos procesos de percepción durante el reconocimiento de objetos. Estudios de EMTr han demostrado que la estimulación de la corteza motora influye en el rendimiento en tareas conceptuales de estímulos (palabras de acción) para los que la información motora es relevante (Buccino et al., 2005; Devlin & Watkins, 2007; Oliveri et al., 2004; Pulvermüller et al., 2005). En particular, la estimulación de la corteza motoras de manos y las regiones asociadas a la representación de pies aumentan la velocidad de reconocimiento de palabras de brazos y piernas respectivamente (Pulvermüller et al., 2005).

Similarmente, otros estudios han demostrado la activación de regiones sensoriales durante el procesamiento conceptual. Por ejemplo, la estimulación en áreas frontales interrumpe la capacidad para producir ciertos sonidos, y el reconocimiento de los mismos sonidos cuando éstos se presentan degradados (Meister et al., 2007; Möttönen et al., 2012). Se han obtenido resultados similares con otras modalidades. Por ejemplo, la lectura de palabras asociadas con olores “ajo” activan la corteza olfatoria primaria (González et al.,

2006; Simmons et al., 2005), palabras de amenaza activan regiones de la amígdala (Isenberg et al., 1999) y palabras visuales activan zonas de la corteza visual (Kiefer, 2005; Chao et al., 1999; Pulvermüller & Hauk, 2006), y palabras con características acústicas (teléfono) activan áreas de GTSp/GTM (Kiefer et al., 2008).

La evidencia comportamental ha demostrado que las simulaciones motoras y perceptivas derivadas de la percepción de objetos y de la comprensión del lenguaje, acelera la velocidad en el reconocimiento de los objetos (Helbig et al., 2006) y el rendimiento en distintas tareas en la toma de decisiones léxicas (Klatzky et al., 1989).

Diversos estudios que utilizan el paradigma priming han demostrado que la activación previa sensorial (Vermeulen et al., 2008; Pecher et al., 2003) o motora (Kiefer et al., 2011; Helbig et al., 2006; Myung et al., 2006) modulan el rendimiento en tareas conceptuales de forma positiva o negativa. El efecto de priming ocurre cuando un estímulo que antecede a otro afecta la ejecución del segundo. El procedimiento que siguen los estudios experimentales bajo este paradigma consiste en presentar un primer estímulo (*estímulo señal o prime*) y posteriormente, presentar un segundo estímulo (*estímulo de prueba o target*). De forma que el procesamiento del primero afecta al procesamiento de la información posterior del segundo (Sevilla, 1991). Los efectos del priming en la situación experimental es el de facilitar o inhibir el procesamiento, ya sea facilitando la velocidad de la respuesta de los participantes, o inhibiendo su respuesta produciendo un efecto de priming negativo.

Pecher y colaboradores (2003) estudiaron el efecto que tiene la percepción modal en la comprensión. En una tarea de verificación de propiedades, presentaron pares de palabras con la misma modalidad perceptiva (“*jabón-perfumado*”) y con diferente modalidad (“*jabón-ruidoso*”). Las respuestas fueron más rápidas cuando la modalidad de la palabra presentada era igual que la presentada anteriormente. El coste del cambio de modalidad se ha observado utilizando diferentes modalidades (Pecher et al., 2004) y en una misma categoría (*vivos – no*

vivos) (Marques, 2006). Asimismo, Myung y colaboradores, (2005) demostraron que la presentación de palabras de objetos manipulables con potencialidades (affordances) distintas, afecta a las tareas de decisión léxica. Los resultados de la tarea de juicio auditivo mostraron respuestas más rápidas cuando las palabras de referencia (primed) eran congruentes con las palabras de prueba (target).

Otros estudios con paradigma de interferencia motora han demostrado también que los participantes tardaban mayor tiempo en identificar y nombrar objetos en comparación con animales cuando se realizaba una tarea de interferencia motora (Witt et al., 2010).

Otro paradigma utilizado es el paradigma ACE también ha demostrado que la simulación de características sensorio-motoras facilita el reconocimiento y comprensión del lenguaje (Barsalou, 2008; Fischer & Zwaan, 2008). El *efecto de compatibilidad de frases de acción ACE*, que demuestra que la comprensión de frases que describen acciones que implican cierta orientación, facilita la ejecución de respuestas motoras congruentes. En su estudio los participantes tenían que desplazar simultáneamente la mano hacia delante o hacia atrás mientras juzgaban la coherencia de frases que describían un movimiento de transferencia de alejar (“*cierra la gaveta*”) o acercar (e.g., “*abre la gaveta*”) o sin dirección (“*Hierve el aire*”). Se presentaron tres tipos de frases: frases imperativas, frases que describían la transferencia de objetos concretos y frases que describían entidades abstractas (“*Liz te contó la historia*”). Los resultados mostraron menor tiempo de lectura para las oraciones congruentes, esto es, frases que describían un movimiento de transferencia hacia el otro con acción dirigida hacia el sujeto, en comparación con las incongruentes con la acción realizada antes. Mientras que en la condición incongruente se observó el patrón inverso. Este efecto de facilitación de las respuestas congruentes con la dirección de las frases fue llamado *efecto de compatibilidad de la acción* (paradigma ACE). Estos resultados sugieren que la comprensión del lenguaje se basa en el mismo sistema utilizado en la acción.

Múltiples estudios han intentado replicar el paradigma ACE, pero mientras que algunos estudios han obtenido de facilitación (Tucker & Ellis, 2004; Zwaan & Taylor, 2006; Borregine & Kaschak, 2006), otros han observado un efecto de interferencia (Buccino et al., 2005; Boulenger et al., 2006),

### *Representaciones supramodales*

Las teorías débiles de la corporeidad predicen la activación de áreas anteriores o próximas a la corteza primaria sensorial y motora, en aquellas tareas semánticas con contenido motor y sensorial. La idea que subyace a las teorías de corporeidad débil es que la representación no se basa en conjunciones de características simples en una modalidad, sino de conjunciones más complejas que son supramodales o intermodales y representan información abstracta o esquemática (Chatterjee, 2010; Damasio, 1989). Bajo esta perspectiva, la información sensorio-motora se abstrae de la experiencia directa, más que de su simulación.

De acuerdo con las predicciones de las teorías débiles y secundarias, la afectación conceptual no se ve afectada por el daño a regiones primarias de los sistemas sensoriales y motores. La evidencia neuropsicológica a favor de las representaciones supramodales demuestra que la afectación de los sistemas sensoriales y motores provocan un déficit leve o moderado, aunque no incapacidad total en el procesamiento conceptual. Por ejemplo, Cotelli y colaboradores (2006) señalaron que los pacientes con demencias fronto-temporales presentan afectación en los circuitos frontales y temporales encargados de la representación y conocimiento de la acción, no presentan un déficit total en el procesamiento de la acción ni de verbos. En línea con esta idea se ha demostrado que áreas alejadas de las regiones temporales son necesarias para el correcto procesamiento conceptual. Por ejemplo, se ha observado que las lesiones en la corteza cerebral izquierda alrededor de la fisura de Silvio, causadas por derrames cerebrales masivos de la arteria media cerebral, pueden producir en

algunos casos dificultades en el procesamiento de herramientas y objetos manipulables (Warrington & McCarthy, 1987). Otro ejemplo que muestra la implicación de áreas secundarias y no primarias durante el procesamiento semántico lo observamos en pacientes con EP. Particularmente, la dificultad en el procesamiento de verbos más que de sustantivos durante el procesamiento léxico-semántico presente en pacientes con EP puede estar relacionada con la afectación de los ganglios basales, implicados en la selección entre distintas alternativas y el control del material recuperado (Crescentini et al., 2008). Cabe señalar que los resultados obtenidos en la mayoría de las investigaciones los pacientes con enfermedades degenerativas presentan lesiones cerebrales extensas, lo que provoca incapacidad generalizada. Sin embargo, cuando los estudios se centran en lesiones pequeñas los resultados varían considerablemente entre pacientes.

La evidencia de neuroimagen que apoya la activación de áreas secundarias durante el procesamiento semántico muestra que la activación no es igual a aquellas utilizadas durante la experiencia directa, sino que la activación es anterior a dichas áreas (Thompson-Schill, 2003). Martin y colaboradores (1996) documentaron que durante el procesamiento de estímulos de animales y herramientas se activaban áreas próximas a aquellas usadas en la percepción y acción, no siendo las mismas. Asimismo, Wallentin y colaboradores (2005) describieron la activación de un área anterior al área temporal media MT/V5, asociada al procesamiento del movimiento, cuando se procesaban frases que describían movimientos reales y ficticios. Similarmente, se ha afirmado que la activación en áreas pre-motoras, pero no motoras primarias durante la comprensión de la acción (Willems et al., 2010). Estos resultados sugieren que la relación entre las regiones primarias y el procesamiento conceptual no es isomorfa (Wallentin et al., 2005).

De forma similar, se ha sugerido que las regiones corticales encargadas de procesar la información sensorial y motora también representan información más abstracta y

gramatical. Un ejemplo se puede observar en Bedny et al., (2008, 2012) que propone que la activación de verbos y sustantivos en el córtex temporal lateral posterior (TLP) refleja conceptos complejos como eventos, considerada una categoría más abstracta de los verbos, más que información sensorial relacionada con características visuales y motoras. Asimismo, la activación alrededor del área MT, asociado al movimiento visual, parece ser proximal pero no idénticas a aquellas involucradas en el procesamiento del movimiento (Chatterjee, 2010). Del mismo modo, el área parahipocampal, relacionada con la identificación de lugares (APL) se ha relacionado con el procesamiento de relaciones espaciales, con la clasificación de objetos basados en las propiedades espaciales y a un nivel conceptual a la asociación entre los objetos con un contexto ambiental (*e.g.*, *Silla de playa, luces de tráfico*) (Bar & Aminoff, 2003).

Asimismo, se ha señalado que algunas áreas pueden considerarse que tienen un formato multimodal y supramodal. Por ejemplo, el giro fusiforme puede ser considerado como un área visual, lo cual sugiere que es una representación multimodal, en línea con las representaciones de modalidad específica. El giro fusiforme se ha asociado, por un lado, a la representación de atributos visuales de objetos conocidos, a la representación de la forma de los objetos (Chao et al., 1999; Vuilleumier et al., 2002), a la representación de conceptos sensoriales (oscuro) (Vigliocco et al., 2006) y, por otro lado, a la asociación visual de alto nivel que permite combinar características de diferentes modalidades (Vigliocco et al., 2006). Se ha observado la misma activación en el giro fusiforme cuando el color de los objetos es percibido y cuando se recupera información relacionada con su color (Simmons et al., 2007). Su región izquierda se ha asociado al procesamiento conceptual o léxico, mientras que su parte derecha se ha asociado más al reconocimiento de objetos idénticos. No obstante, el giro fusiforme se ha reconocido también como un área que representa objetos sin importar las variaciones en apariencia, combina diferentes características o atributos para formar una

representación abstracta de los objetos, por lo que se puede considerar una representación supra-modal más que multimodal (Vuilleumier et al., 2002).

La evidencia neuronal presentada corrobora la existencia de zonas de convergencia distribuidas que representan información de modalidad específica que forma el contenido semántico. Según las teorías débiles, es posible que la corteza sensorial y motora se activan de forma secundaria o incidental durante el procesamiento semántico, por lo que quizá no es necesaria la simulación (Tyler et al., 2004, 2009).

Respecto a las investigaciones neurofisiológicas que han estudiado disfunciones sensoriales, existe evidencia de estudios que muestran que áreas desprovistas de funcionalidad sensorial, son utilizadas en procesos distintos. Por ejemplo, en un estudio que aplicaron EMT en la corteza occipital izquierda en personas con ceguera congénita, se observaron respuestas de interferencia en la elección de un verbo apropiado en comparación a un sustantivo. Estos datos sugieren la implicación de la corteza occipital en el procesamiento semántico y la recuperación léxica, posiblemente desarrollada por el lenguaje braille.

La evidencia presentada ha demostrado resultados a favor de las representaciones amodales, modales y supramodales. Sin embargo, las representaciones modales y supramodales parecen tener mayor aceptación actualmente. Las representaciones supramodales integran por un lado, las propuestas modales de un sistema conceptual conformado por información derivada de modalidades específicas en regiones sensoriales y motoras; y por otro lado, los supuestos amodales de que los conceptos también se representan en un núcleo conceptual que integra las representaciones modales distribuidas en un espacio semántico común supramodal (Simmons & Barsalou, 2003; Kiefer et al., 2007b; Patterson et al., 2007; Mahon & Caramazza, 2008; Pulvermüller et al., 2010).

## ¿Cuál es la dinámica de interacción entre el sistema semántico y el sistema sensorio-motor?

La posible dinámica de interacción de las representaciones conceptuales con el sistema sensorio-motor se explica a partir de tres factores: 1) Patrón de activación o localización del contenido de las representaciones (en unidades locales o distribuidas); 2) la relación de los sistemas sensoriales y motores con el sistema conceptual (independencia o dependencia); y 3) la implicación de otros procesos que expliquen la interacción conceptual y sensorio-motora (activación indirecta o directa). De ahí que para explicar la dinámica de interacción será preciso también dar respuesta a cuestiones como ¿los conceptos se representan localmente o de forma distribuida?, y por tanto ¿cuál es la relación de dependencia de los sistemas sensorio-motores en el sistema semántico? ¿cuál es el patrón de activación neuronal que se produce al acceder al significado?, ¿otros procesos cognitivos permiten la interacción entre los sistemas? La interacción de estos factores se puede apreciar en la siguiente figura. (véase figura 7).



Figura 7. Interacción entre el sistema semántico y el sistema sensorio-motor según las teorías simbólicas, teorías intermedias supra-modales (secundarias y débiles) y las teorías corpóreas multi-modales. La implicación de otros procesos cognitivos como explicación de las interacciones está relacionada con la hipótesis de compromiso directo/ indirecto. Asimismo, la relación con los sistemas sensorio-motores describe el distinto grado de dependencia asociado a la hipótesis de necesidad propuesta por las teorías corpóreas.

### *Patrón de activación de las representaciones*

Las teorías simbólicas proponen que el sistema semántico es amodal y está localizado en núcleos conceptuales. Por el contrario, las posiciones teóricas de corporeidad débil y fuerte

predicen patrones distribuidos de actividad neuronal. Los estudios a favor de representaciones localizadas son escasas debido a que es difícil encontrar representaciones entendidas como unidades neuronales únicas (Barlow, 1972). Las representaciones localizadas no implican necesariamente una correspondencia única del concepto con una sola célula, sino la activación de un grupo numeroso de células que actúan como una unidad funcional, como una sola neurona (Bowers, 2009; Garagnani et al., 2008; Wennekers et al., 2006). Las investigaciones que apoyan este enfoque han evidenciado neuronas en lóbulos temporales que presentan activación selectiva para determinadas palabras, objetos, fotografías o nombres escritos de determinadas personas como el rostro de actrices conocidas como Halle Barry o Jennifer Aniston (Creutzfeldt, Ojemann, & Lettich, 1989; Quiroga & Kreiman, 2005). Se ha propuesto que el sistema semántico amodal está localizado en áreas temporales anteriores (LTAs) (Patterson et al., 2007) y en regiones de la corteza prefrontal (McClelland et al., 1995). Sin embargo, el área prefrontal inferior se ha identificado más como una región de alto nivel que controla la recuperación de otras zonas mediante mecanismos atencionales que un núcleo de información (Kiefer et al., 2005; Schnur et al., 2009; Thompson-Schill et al., 1999; Wagner et al., 2001).

Por el contrario, la evidencia que sustenta la propuesta de que los conceptos se representan de forma distribuida es amplia. En primer lugar, el tipo de déficits producido por la pérdida neuronal, en las enfermedades neurodegenerativas como en la EA se explica mejor por las propuestas del conocimiento distribuido a nivel funcional y neuroanatómico. Los déficits característicos de estas enfermedades son contrarios al observado en lesiones focales. Por ejemplo, la información supraordenada de categorías (animal) se preserva por más tiempo en la DS en comparación con información conceptual más específica (pájaro) la cual se ve más afectada. Asimismo, Jefferies y colaboradores (2009) relacionaron la actividad en áreas temporales anteriores (LTA) con pacientes con demencia semántica. Sin embargo,

variaciones derivadas del daño en pacientes con demencia semántica sugieren que el LTA podría no ser la única región dedicada a la representación semántica y conceptual, en línea con las propuestas secundarias. Además, los déficits semánticos característicos en la EA son de categorías específicas (Humphreys & Forde, 2001). Se pueden explicar estos déficits por una mayor relación de características conceptuales en los estímulos naturales (animales) en comparación con objetos (herramientas). De ahí que resulte más difícil diferenciar los objetos naturales si la capacidad de distinguir las características está dañada.

En segundo lugar, otro argumento a favor de las representaciones distribuidas lo encontramos en la propiedad flexible de las representaciones. En contra de la predicción de que la activación sensorial y motora es consistente en diversas tareas, se ha observado que la activación de las áreas sensoriales y motoras varía en función de la tarea (Hoenig et al., 2008). La evidencia neurofisiológica ha demostrado que diferentes sistemas cerebrales son utilizados en función de determinadas tareas conceptuales (Martin, 2007, 2016; Pulvermüller et al., 2009; Kiefer et al., 2008). De forma que, si el significado de los conceptos depende contextualmente se evocarán diferentes características conceptuales representadas de forma distribuidas a nivel funcional y neuronal. Por lo que dependiendo de las demandas de la tarea se activarán ciertas características conceptuales y no otras (Barclay et al., 1974; Barsalou, 1982). Por consiguiente, la evidencia indica que el significado conceptual varía en función del contexto situacional, de forma que la flexibilidad de los conceptos es consistente con la idea de que el conocimiento conceptual se distribuye en diferentes regiones.

Finalmente, se ha argumentado que las áreas de asociación o convergencia son prueba de que el conocimiento conceptual se distribuye en diferentes regiones. Las zonas de convergencia integran la información de áreas sensoriales y motoras y constituyen zonas de procesamiento de alto nivel. Los sistemas sensoriales y motores preceden a la activación de áreas heteromodales de asociación cerebrales (Pulvermüller, 2008a; Garagnani et al., 2008;

Kiefer et al., 2011). Por ejemplo, el lóbulo temporal anterior y medial se han considerado como áreas supramodales que integran características de las representaciones distribuidas (Patterson et al., 2007; Mahon & Caramazza, 2008; Pulvermüller et al., 2010). Por ejemplo, en un estudio de estimulación magnética transcraneal repetitiva (EMTr) se evidenció el papel que tiene el lóbulo temporal anterior LTA y otras regiones distantes al LTA en el procesamiento semántico de palabras abstractas y concretas (Pobric et al., 2009). Y aunque resulta clara la implicación del LTA, la actividad en regiones distantes al LTA sugieren que esta podría no ser la única región dedicada a la representación semántica y conceptual, en línea con la idea de que el sistema sensorial y motor es independiente del sistema conceptual. Similarmente, algunos estudios han observado activación de áreas temporales durante la comprensión de estímulos relacionados con la acción, además de la activación de la corteza motora (Damasio et al., 2001; Martin et al., 1995, 1996; Tettamanti et al., 2005).

#### *Dinámica de interacción de sistemas motores con el sistema conceptual*

En correspondencia a la relación de los sistemas con las representaciones conceptuales, las teorías amodales y secundarias asumen que las representaciones están contenidas en regiones independientes de los sistemas sensoriales y motores, y su activación se produce de forma indirecta por la implicación de otros procesos cognitivos. De ahí que la activación de regiones corticales observadas durante el procesamiento semántico no se superpone con áreas sensoriales y motoras. La predicción de las teorías amodales y secundarias es que la actividad sensorio- motora ocurre después del procesamiento léxico-semántico. Por el contrario, las teorías corpóreas asumen que la actividad sensorio-motora ocurre durante el procesamiento léxico-semántico y no después.

La evidencia de estudios neurofisiológicos que han analizado si la activación cortical se realiza durante o después de la comprensión conceptual han mostrado resultados divergentes. Con el fin de resolver la pobre resolución temporal asociada a la activación de

modalidad específica durante la comprensión, una revisión de estudios neurofisiológicos intentó delimitar el periodo de tiempo crítico de la activación durante el procesamiento semántico. Se concluyó que la activación fue significativa en un periodo de 200-250 ms para palabras de acción en el córtex motor (Hauk et al., 2008), mientras que la activación del área de Broca, durante la producción de palabras de acción, se produjo 200 ms post exposición (Sahin et al., 2009). De forma similar, en un estudio realizado por Toni y colaboradores (2008) demostraron que la activación (respuestas BOLD) fue posterior, lo que sugiere un procesamiento “post-léxico” relacionado con otros procesos como la imaginación motora o formación de estrategias, en línea con posturas corpóreas secundarias y amodales. Otros estudios también han demostrado la implicación de otros procesos o estrategias, de acuerdo con las propuestas más débiles y secundarias (Solomon & Barsalou, 2004).

Por el contrario, otros estudios han evidenciado un rápido acceso durante el procesamiento conceptual sugiriendo que la simulación sensorial forma parte del contenido semántico, en línea con las propuestas de las teorías corpóreas. En un estudio de PRE, Hoening y colaboradores (2008) mostraron que la respuesta a estímulos de herramientas y animales se produjo 116 ms después de la presentación de los estímulos, lo que indica un acceso rápido conceptual. Asimismo, van Elk, van Schie, Zwaan, y Bekkering (2010) demostraron activación rápida de áreas motoras que suponen un acceso rápido en el procesamiento de acciones humanas y animales. Estudiaron los cambios neurofisiológicos cuando los participantes leían palabras y juzgaban su congruencia con frases de acción presentadas con anterioridad. Los participantes tenían que juzgar si una palabra presentada estaba relacionada con frases que describían acciones humanas (“*el atleta saltó la cerca*”) y acciones de animales (“*El ciervo saltó la cerca*”). Los resultados mostraron cambios tempranos (frecuencias de 10-14 Hz durante 160 a 520 ms) después de la presentación del verbo en el contexto animal comparado con el humano.

La evidencia revisada aquí apoya la idea de que las representaciones están distribuidas en los sistemas sensoriales y motores (Hauk & Pulvermüller, 2004; Kiefer et al., 2008; Pulvermüller, 2008b). En oposición a la investigación que se ha enfocado en la identificación de qué región se activa con determinada categoría, estudios más recientes de conectividad funcional y anatómica han identificado distintas regiones que manifiestan preferencias por categorías específicas, dentro de una red estructural distribuida. Y aunque se han identificado zonas localizadas de representación de conceptos, también esas mismas regiones representan e integran información distribuida. De ahí que se ha propuesto que la distinción entre representaciones locales y distribuidas no sea tan clara, y puedan coexistir en diferentes regiones cerebrales (Bowers, 2009).

Finalmente, es posible que la dirección que tomen las teorías de la representación de los conceptos se enfoque en temas de organización cognitiva. Al contrario de las primeras generaciones de teorías que tenían como objetivo conocer la forma como se organizan los conceptos en el cerebro, si se organizan por categorías semánticas o por características sensorio-motoras, si tienen un formato modal o amodal. La evidencia más reciente ha redirigido el estudio dedicado a las bases neuronales que subyacen al contenido conceptual hacia su organización cognitiva (Caramazza & Shelton, 1998). Es por esto por lo que los nuevos objetivos de investigación sugeridos por las nuevas propuestas se han centrado en analizar: ¿cómo se relaciona la información sensorio-motora con los conceptos?, ¿cómo la activación de determinadas áreas puede reflejar el formato de las representaciones conceptuales o la dinámica del sistema conceptual?, ¿cómo la actividad puede propagarse desde las representaciones simbólicas amodales a los sistemas de entrada o salida?

### **¿Las representaciones conceptuales son estables o son flexibles?**

La idea de que las representaciones son estables y no cambian cada vez que un concepto es utilizado ha sido ampliamente defendida por las posturas lingüísticas simbólicas.

De acuerdo a este enfoque, si una representación está unida a un concepto su evocación siempre será la misma, son recuperados de la memoria sin importar la situación en la que se produzca invariablemente (e.g., el significado de una “cabra” no cambia según el contexto) (Kiefer & Pulvermüller, 2012). Sin embargo, recientemente ha cobrado importancia las teorías que consideran que el procesamiento conceptual es flexible. Los conceptos tienen distintos componentes de información conceptual que pueden ser requeridos de forma flexible según los requerimientos de la tarea. La capacidad de recuperar una parte de la información del concepto de acuerdo al contexto permite la aplicación correcta de tal concepto. De ahí que el uso flexible de los conceptos se ha propuesto como una de las explicaciones de por qué las personas con daño en los sistemas sensoriales y motores sean capaces de utilizar correctamente los conceptos (Mahon & Hickok, 2016).

De acuerdo con las teorías de los conceptos flexibles, el uso correcto de los conceptos depende de la tarea. Por ejemplo, si una persona se encuentra con un tigre salvaje tendrá que acceder a información de alto nivel relevante a si es depredador, mientras que si el objetivo es distinguirlo de un león accederá a información de bajo nivel relacionada con sus características físicas. De forma que diferente tipo de información es evocada en función de la tarea que se le presenta, y diferentes tareas determinarán la necesidad de utilizar diferente tipo de información. Según la evaluación de la tarea a realizar, las abstracciones que se necesitan hacer serán diferentes y se representarán en distintos sistemas neuronales en función de las regiones necesarias para realizarla. Según Barsalou (1982) un concepto como “tomate” puede asociarse con características dominantes (rojo) más relevantes para la identidad del concepto que otras que no son dominantes (para arrojar). La activación de características no dominantes de un concepto depende de su contexto, mientras que las características dominantes o principales son independientes.

La evidencia empírica que defienda la idea de representaciones estables es muy limitada. Sin embargo, la estabilidad conceptual se ha relacionado con la premisa de la organización neuronal del conocimiento por categorías. Un ejemplo de esta premisa está presente en estudios que muestran activación diferencial entre categorías conceptuales como animales y herramientas, independiente de las tareas presentadas. La estabilidad asume la noción de que el procesamiento de un concepto genera un patrón invariante de activación de áreas cerebrales, independiente de las demandas de la tarea (Devlin et al., 2002). De forma que la presentación de herramientas debería activar consistentemente regiones motoras independientemente del tipo de tarea que se realiza, ya sea una tarea de reconocimiento de características visuales, de lectura o juicio. Del mismo modo, los estímulos de animales debieran activar de forma consistente áreas visuales.

En contra de la predicción de que la activación sensorial y motora es consistente en diversas tareas, se ha observado que la activación de las áreas sensoriales y motoras varía en función de la tarea. La principal evidencia a favor de la flexibilidad de los conceptos fue un estudio de RMf y PRE realizado por Hoening y colaboradores (2008). En su estudio los participantes tenían que verificar los atributos visuales o relacionados con la acción de palabras de objetos naturales y herramientas. Los resultados mostraron mayor activación en áreas visuales y motoras cuando las características no eran dominantes y se asociaban menos al concepto (e.g., características visuales para herramientas y motoras para objetos naturales). Los resultados del PRE revelaron que la interacción entre categoría y atributo se iniciaba a los 116 ms después de la presentación, lo que sugiere un acceso rápido a características conceptuales. Estos resultados indicaron, según estos autores, que los conceptos son dependientes contextualmente y las características se recuperan de forma flexible.

En este contexto resulta importante analizar si se utiliza la misma información conceptual en varias tareas o si dependiendo de cada tarea la información que manejamos es

distinta. La evidencia neuropsicológica ha dado lugar a la formulación de la propuesta de flexibilidad conceptual. Por ejemplo, estudios realizados con pacientes que presentan lesiones en el sistema motor o perceptivo no presentan problemas graves e incluso ninguna incapacidad en el procesamiento conceptual (Baxbaum et al, 2000; Garcea et al, 2012; Garcea et al., 2013; Hickok, 2009, 2014; Mahon, 2015; Mahon & Caramazza, 2005; Negri et al., 2007; Ochipa et al., 1989; Rumiati et al., 2001; Vanuscorps & Caramazza, 2016) en línea con posturas corpóreas débiles y no corpóreas. Estos resultados se han interpretado como prueba de que la información sensorio-motora no forma parte de los conceptos según las propuestas amodales. De forma que la variación de la activación sensorio-motora refleja cómo la activación es distribuida desde conceptos amodales a los sistemas periféricos de entrada y salida. Sin embargo, una hipótesis alternativa de estos resultados es que la información sensorio-motora no es necesaria en tales tareas, pero si pueden ser importantes en otros casos en función de las demandas de otras tareas.

En la misma línea, se ha propuesto que la comprensión del lenguaje utiliza diferente cantidad de información sensorial y motora según la profundidad del procesamiento semántico que se requiere para ejecutar una tarea (Glenberg & Kaschak, 2003; Zwaan, 2004). Es posible que el proceso de comprensión sea diferente según el estímulo utilizado: palabras, frases o durante una narración (Zwaan, 2004). Por ejemplo, se ha demostrado la implicación de la información sensorial y motora a nivel de palabra durante tareas de comprensión pasiva (Meteyard et al., 2007; Pulvermüller et al., 2001). Sin embargo, Simmons y colaboradores (2008) probaron que cuando se hacían juicios léxicos en base a asociaciones léxicas, la información motora y sensorial no era relevante.

Aunque parece claro que el procesamiento conceptual es flexible, aún quedan algunas cuestiones importantes para abordar. El concluir que un concepto tiene una representación dinámica y flexible que es modulada por el contexto sin considerar la variabilidad de

respuestas equivaldría a interpretar los datos *ad hoc*. Se podría caer en el error de considerar que cada divergencia del patrón de activación esperado es una “excepción” en lugar de un patrón. Es por esto que es fundamental que las teorías que asumen representaciones flexibles necesitan explicar por qué existe variabilidad de respuesta asociadas al procesamiento del significado conceptual. De acuerdo con Mahon y Hickok (2017) una posible solución sea emparejar estudios de neuroimagen con estudios neuropsicológicos. En síntesis, las futuras propuestas teóricas necesitan investigar que tareas o contextos específicos evocan un aspecto particular del concepto en lugar de otro.

La evidencia revisada sugiere que los conceptos son representaciones dinámicas y flexibles que dependen de las demandas de la tarea. Esta perspectiva promete ser un tema a estudiar en los próximos años. Esta idea motiva nuevas propuestas para evaluar en qué circunstancias los conceptos son flexibles y utilizados y en cuáles no. Las predicciones de este enfoque serán complejas puesto que tendrán que proponer teorías de procesamiento presentes en determinadas tareas y no en otras.

### **Resumen y conclusiones**

El presente capítulo tuvo como objetivo revisar la evidencia disponible hasta la fecha relacionada con las representaciones mentales que demuestra la implicación de los sistemas sensorio-motores en las representaciones. La evidencia revisada sugiere que los conceptos son representaciones mentales flexibles. Están compuestos por características distribuidas y reclutadas de forma flexible dependiendo de las demandas situacionales, en regiones semánticas localizadas dentro de sistemas cerebrales de modalidad específica.

En un primer punto, desde el campo de la neuropsicología he abordado el estudio de los casos clínicos para analizar si las disfunciones sensoriales y motoras afectan el procesamiento semántico. Los resultados de los estudios son variados (Bak et al., 2006; Boulenger et al., 2008; Mahon & Caramazza, 2005, 2008). Curiosamente, se observó que

las personas que presentaban disfunción motora o sensorial preservaban su capacidad de comprensión del significado de conceptos, en oposición a las predicciones de las propuestas simbólicas fuertes. No obstante, estos resultados no permiten concluir que las representaciones semánticas no contengan información sensorial o motora. Al contrario, estos resultados podrían reflejar la implicación de otros procesos implicados en la reorganización semántica. Una explicación tentativa para estos resultados es que la capacidad de flexibilidad de las representaciones hace posible que, a pesar de la afectación modal, la persona preserve la capacidad de comprender el significado a pesar de presentar una afectación motora o sensorial mediante el establecimiento de nuevas conexiones o de una reorganización funcional, en línea con las teorías secundarias y de corporeidad débiles. En este contexto el concepto de plasticidad cobra una importancia enorme, siendo posiblemente un elemento clave en la comprensión de la naturaleza de las representaciones en el futuro.

En un segundo punto, la evidencia experimental desde el campo de las neurociencias ha demostrado activación motora cerebral ante la presentación de estímulos relacionados con herramientas, verbos, objetos relacionados con una acción (Gerlach et al., 2002; Kiefer, 2005; Tettamanti et al; 2005; Thompson-Schill, 2003). Y aunque estos resultados podrían considerarse como evidencia a favor de la implicación directa de los sistemas sensorio-motores, es posible que la activación pueda deberse a una activación secundaria, producida por la asociación del contenido con determinadas modalidades. La utilización de las nuevas técnicas de neuroimagen funcional ha dirigido la investigación hacia el estudio de la dinámica de activación más que de la ausencia de activación.

En un tercer punto, la evidencia comportamental descrita sugiere que la simulación de las características sensoriales y motoras favorece la comprensión de material relacionado con la acción y percepción. Se ha concluido también que la metodología de

los estudios comportamentales será la más adecuada de adoptar en esta tesis debido al paradigma replicado de los estudios de van Dam y colaboradores (2013) que se utilizará en la fase experimental; y también a las condiciones de la investigación relacionadas con la limitada accesibilidad a pacientes y técnicas de neuroimagen.

En síntesis, el desarrollo de las actuales técnicas de neuroimagen funcional y el creciente interés por el papel de la percepción y la acción en la cognición, han estimulado nuevos temas de debate y, en consecuencia, el desarrollo de posturas teóricas alternativas. La literatura existente ha encontrado una fuerte relación entre la información relacionada con la acción motora y el contenido de las representaciones. Sin embargo, el grado de implicación de los sistemas motores en la representación del significado continúa siendo un tema de debate. Concluyo este apartado mostrando un interés especial por las teorías híbridas (que integran postulados tanto de las teorías simbólicas como corpóreas) de corporeidad débiles y secundarias, presentadas en este capítulo, como las prometedoras en el estudio de las representaciones del significado, debido a que brindan explicaciones conciliadoras para las discusiones actuales.

### Capítulo 3. MEMORIA Y ACCIÓN

En este capítulo me centraré en el análisis de la implicación de la acción en los procesos de memoria, con el fin de responder a la cuestión de si es posible influir sobre la función de la memoria por medio de la acción. Suponiendo que las hipótesis de las teorías corpóreas revisadas en los capítulos anteriores son ciertas, podríamos suponer dos cosas: 1) si existe una relación directa entre la acción y las representaciones conceptuales, cabría esperar que la ejecución de la acción motora influya en la comprensión de material (verbal y no verbal) relacionado con la acción (objetos manipulables); y 2) si los procesos cognitivos de alto nivel como la memoria dependen de la activación de sistemas cerebrales relacionados con la acción, entonces es razonable suponer que la ejecución de la acción podría modular el recuerdo de representaciones conceptuales estudiadas, de forma que el rendimiento de los sujetos en tareas de memoria podría mejorar mediante la ejecución de una acción.

Respecto a la organización de este capítulo, en un primer momento, se explicará cómo se ha abordado el interés por la acción en el estudio de la memoria y las características especiales de la acción que nos llevan a pensar que la implicación de la acción en la memoria han de explicarse por modelos y paradigmas diferentes a los que se han utilizado hasta la fecha. A continuación, se revisarán los principales paradigmas que han sido utilizados para el estudio de la acción en memoria. De esta forma, en este apartado me centraré en los paradigmas utilizados durante la codificación y consolidación en el estudio de memoria a corto plazo y a largo plazo. Finalmente, me enfocaré en el paradigma de congruencia motora en el recuerdo a largo plazo, para explicar la falta de evidencia empírica observada en la investigación sobre la acción en la consolidación de memoria.

Uno de los principales supuestos dentro de las posturas corpóreas es que los procesos cognitivos de alto nivel como la memoria dependen de los sistemas sensorio-motores implicados en la acción. De acuerdo con la hipótesis de las teorías corpóreas, la acción está implicada directamente en las representaciones en la memoria. El conocimiento previo del individuo influye en el aprendizaje transformando y organizando la información aprendida. Es decir, cuando recordamos activamos información sensorial y motora relacionada con los estímulos, aunque no sea crucial para la tarea. Por ejemplo, cuando pensamos en un concepto como “chocolate” recordamos características relacionadas con su olor, forma o textura mediante la simulación de experiencias pasadas.

Las posturas corpóreas consideran que la memoria y la conceptualización han evolucionado en servicio de la percepción y la acción (Glenberg, 1997). La capacidad de memoria ha evolucionado para recordar patrones de acción que aseguren la supervivencia del hombre, memorizamos para actuar (Glenberg, 1997). Cuando memorizamos, no solo recolectamos información para ser almacenada, sino que también la transformamos. En el día a día utilizamos la información para actuar sobre ella y no solo para almacenarla, recordamos para actuar. Las personas recuerdan situaciones en las que participan como agentes de la acción, tienen un papel activo, recuerdan las acciones que han tenido que hacer para realizar sus tareas. La memoria de estas acciones se forma no solo de información percibida, sino también de las acciones ejecutadas como respuesta a los estímulos ambientales. Por lo tanto, la memoria humana está preparada para recordar las acciones siendo éstas el contenido fundamental de la memoria episódica (Zimmer et al., 2001). De ahí que el concepto de memoria ha evolucionado desde la idea de un almacén que solo contiene información y que la recupera cuando se solicita hasta un sistema activo que contiene información para actuar en el mundo.

La acción motora ha sido ignorada en las ciencias del comportamiento, tanto en la investigación en memoria episódica como en el procesamiento de la información (Gazzaniga, Ivry, & Mangun, 2014; Jeannerod, 2001). El estudio de la memoria ha cambiado sustancialmente a partir de los primeros experimentos realizados por Ebbinghaus en 1913. Los estudios clásicos de memoria se han caracterizado por el papel pasivo que tiene el individuo en el proceso de aprendizaje. Después del descubrimiento de los primeros efectos sobre la memoria, la investigación se limitó al estudio experimental de la memoria verbal a partir de la presentación de palabras y pseudopalabras para su memorización. Los investigadores en el campo de la memoria han ignorado el papel de la acción en la memoria. La mayoría de los estudios en memoria sólo se han centrado en el aprendizaje pasivo de estímulos verbales, y han ignorado el papel activo que tiene la memoria.

Sin embargo, en las últimas décadas, la investigación en memoria ha cambiado. Con el auge de las teorías corpóreas ha cobrado mayor importancia el papel que tiene la acción en procesos cognitivos como el lenguaje y la memoria (Glenberg, 1997; Glenberg et al., 2013; Zwaan, 2004).

Y aunque la evidencia comportamental y neurocientífica ha demostrado ampliamente que la acción tiene un papel fundamental en la comprensión de conceptos y del lenguaje (Barsalou, 1999; Glenberg, 1997; Pulvermueller, 1999), existe poca evidencia de su implicación en la memoria (van Dam et al., 2013). Y si la acción es parte de la memoria, entonces cabe esperar que la ejecución de la acción favorezca el aprendizaje y permita que una representación permanezca estable en la memoria a lo largo del tiempo. Cabe preguntarse cuál es el papel de las acciones motoras en diferentes tipos de memoria y su influencia en la memorización de conceptos semánticos motores. Parece razonable asumir que, si las acciones motoras forman parte del conocimiento conceptual, tengan un papel importante en la memoria.

Se ha demostrado ampliamente que la ejecución de la acción influye positivamente en la memoria (Engelkamp, 1998; Engelkamp & Zimmer, 1983; Cohen 1981). Sin embargo, estudios más recientes han concluido que la activación automática de los códigos motores no favorece la memoria ni a corto plazo, ni a largo plazo (Zeelenberg & Pecher, 2016).

### Paradigmas de acción en la memoria

En los próximos apartados se describirán los primeros estudios que examinaron el papel de la acción en la memoria a corto plazo, en la memoria de trabajo y a largo plazo. Posteriormente se describirán estudios más recientes y se evaluará si los resultados apoyan la idea de que la simulación motora de objetos y palabras influyen en la memorización a corto o a largo plazo. También se examinarán las variables que modulan el efecto positivo de la acción en el mantenimiento de las representaciones conceptuales en la memoria.

A continuación, se discutirán los estudios comportamentales que también han intentado aclarar si el papel de la simulación en la memoria a corto plazo y a largo plazo es crítico. Con el fin de argumentar si la acción interfiere con la memorización de palabras y objetos de acción, se ha estudiado el efecto de la acción utilizando distintos paradigmas como el de interferencia, el de similitud, y el de congruencia. En la tabla 3 se muestran los diferentes estudios que se describen en este capítulo organizados por el paradigma de memoria utilizado.

*Tabla 3.* Estudios que han estudiado distintos paradigmas de memoria y el efecto producido. La acción se clasificó en tres categorías según su momento de ejecución: durante la (1) Codificación, (2) Consolidación o (3) Recuperación.

<b>Autores</b>	<b>Estímulo</b>	<b>Acción</b>	<b>Tarea de Memoria</b>	<b>Efecto</b>
<b>MEMORIA A CORTO PLAZO</b>				
<b>Enactment</b>				
Engelkamp & Krumnacker, 1980	Frases de acción/ Palabras	Motora <sup>1</sup>	Reconocimiento	Facilitación
Engelkamp, 1997	Frases de acción/ Palabras	Motora <sup>1</sup>	Reconocimiento	Facilitación
Engelkamp & Zimmer, 1983	Frases de acción/ Palabras	Motora <sup>1</sup>	Reconocimiento	Facilitación

Cohen, 1981		Frases de acción/ Palabras	Motora <sup>1</sup>	Reconocimiento	Facilitación
Zhang y Wang (2020)		Frases de Sustantivo- verbo	Practica ítems y motora <sup>1</sup>	Recuerdo libre con claves categoriales	Facilitación
<b>Paradigma de similitud motora</b>					
Downing-Doucet & Guérard, 2014	E1	Imagen Objeto Video objetos	Verbal articulatoria <sup>1</sup>	Orden serial	Facilitación
	E2	Imagen Objeto Video objetos	Motora <sup>1</sup>	Orden serial	Ausente
	E3	Imagen Objeto Video objetos	Verbal articulatoria <sup>1</sup>		Ausente
Pecher et al, 2013		Objetos Diferentes/ Iguales	Motora <sup>1</sup>	Orden serial	Ausente
<b>Paradigma de aislamiento motor</b>					
Guérard & Lagacé, 2014	E1	Imagen objeto Pantomima alta/baja	Sin tarea	Reconocimiento	Facilitación
	E2	Imagen objeto Pantomima alta/baja	Motora <sup>1</sup>	Reconocimiento	Ausente
	E3	Imagen objeto Animales/ Construcciones	Motora <sup>1</sup>	Reconocimiento	Facilitación
<b>Paradigma de Interferencia motora</b>					
Pecher et al, 2007		Imágenes objetos Frases visuales	Motora <sup>3</sup>	Reconocimiento	Facilitación
Pecher et al, 2013		Objetos (no) manipulables	Motora <sup>3</sup>	Reconocimiento	Ausente
Pecher, de klerk ...b 2013		Objetos (no) manipulables	Motora <sup>3</sup>	N-back	Ausente
Quak, Pecher & Zeelenberg, 2014		Objetos tipo agarre diferente/similar	Motora <sup>3</sup>	N-back	Ausente
With et al, 2010		Imagen herramienta/ animal	Motora	Denominación	Interferencia
Smyth & Pendleton, 1989		Palabras objetos	Motora	Span motor	Interferencia
Shebani & Pulvermüller, 2013		Palabras verbos Manos/ pie	Motora	Orden serial	Interferencia
Legacé & Guérard, 2015		Video/imagen Objeto Agarre dif	Motora	Orden serial	Facilitación
<b>MEMORIA A LARGO PLAZO</b>					
<b>Paradigma de Interferencia motora</b>					
Pecher et al, 2019	E1	Imagen Objeto	Motora <sup>2</sup>	Recuerdo libre	Ausente
	E2	Imagen Objeto	Motora <sup>2</sup>	Recuerdo libre	Ausente
	E3	Imagen Objeto	Motora <sup>3</sup>	Recuerdo libre	Ausente

	E4	Imagen Objeto	Motora <sup>1/3</sup>	Recuerdo libre	Ausente
Zeelenberg & Pecher, 2015		Imagen objetos (no manipulables)	Motora <sup>2</sup>	Recuerdo libre	Ausente
<b>Paradigma de congruencia motora</b>					
van Dam et al, 2013	E1	Palabras objeto	Motora <sup>2</sup>	Reconocimiento	Facilitación
	E2	Palabras objeto	Motora <sup>2</sup>	Imagen fragmentada	Facilitación
	E3	Palabras objeto	Motora <sup>2</sup>	Palabra fragmentada	Facilitación
Pecher et al., 2020	E1	Palabras objetos manipulables.	Motora <sup>2</sup>	Decisión léxica	Ausente
	E2	Palabras objetos manipulables.	Motora <sup>2</sup>	Decisión semántica	Ausente
	E3	Palabras objetos manipulables.	Motora <sup>3</sup>	Reconocimiento (respuesta voz)	Ausente
	E4	Palabras objetos manipulables.	Motora <sup>2</sup>	Reconocimiento	Ausente

### *Paradigma enactment*

El efecto de enactment fue descrito por primera vez por Engelkamp y Krumnacker (1980) en uno de los primeros estudios que analizaron la ejecución de la acción en la memoria a corto plazo. Este efecto da cuenta del incremento de la memoria por la ejecución de la acción realizada durante la codificación. Estos autores demostraron que el recuerdo de frases de acción y palabras mejora cuando se realiza una acción motora congruente durante la codificación (Engelkamp, 1997). Engelkamp (1997) observó ciertas limitaciones del efecto, como que se produce únicamente cuando se ejecuta la acción y no cuando se tiene la intención de actuar. Engelkamp y Zimmer, (1983, 1985) sugirieron que el efecto puede ser explicado por la utilización de un sistema especializado de salida de la acción, distinto del sistema verbal y del sistema de imaginación visual, durante las tareas ejecutadas. Engelkamp y Zimmer (1984) extendieron la teoría de codificación dual propuesta por Paivio (1971) que sugería que las palabras abstractas son representadas en forma verbal, mientras que las

palabras concretas pueden representarse tanto en código verbal como en imagen. Por lo que, si las palabras concretas se almacenan en dos formas distintas, entonces serán recordadas mejor que las palabras abstractas. Engelkamp y Zimmer (1984) plantearon un tercer código de representación conceptual, relacionado con las representaciones motoras de las palabras, basado en el sistema motor. En la misma línea, se ha propuesto que este efecto se debe a que la memoria de acciones es multimodal y por tanto es más completa (Bäckman, Nilsson, & Chalom, 1986).

#### *Paradigma de tareas autoejecutables*

En Canadá, Ronald Cohen (1981) amplió el estudio de la acción durante la codificación. Su grupo demostró que *las tareas autoejecutables* (TAE) (*Self-Performed Task, SPTs*) mejoraban la memoria. En su estudio los participantes tenían que memorizar cuatro listas de quince frases de acción presentadas bajo la condición de aprendizaje estándar de material verbal (tareas verbales) o tenían que auto ejecutar la acción descrita por las frases (tareas autoejecutables). Los resultados observados en la prueba de recuerdo libre mostraron un mejor rendimiento en la memoria cuando los sujetos autoejecutaban la acción en comparación con el aprendizaje estándar. En un estudio posterior, Cohen observó que el rendimiento en una prueba de recuerdo libre fue mejor en tareas auto ejecutadas y en tareas ejecutadas por el investigador en comparación con las tareas verbales. Además, en las tareas autoejecutables no se presentó un efecto de primacía en la curva de posición serial típica de las tareas de recuerdo libre, ni tampoco se observó un efecto de elaboración presente normalmente en tareas verbales ( Craik & Tulving, 1975). En base a estos resultados Cohen sugirió que el aprendizaje de las tareas autoejecutables es una forma de codificación no estratégica o una codificación sin esfuerzo (Cohen 1981, 1983; Kausler, 1989).

El efecto de la ejecución de la acción en la memoria se ha observado no solo cuando en la codificación el aprendizaje es intencional, sino también cuando la condición de estudio es incidental, lo que podría sugerir que la ejecución de una acción es suficiente para memorizar el material, aunque la intención de memorización no sea crucial (Kausler, Lichty, Hakami & Freund, 1986). Incluso se ha considerado que algunos componentes de la memoria implícita pueden estar implicados en la acción (Nilsson & Bäckman, 1989), en línea con la propuesta de que la memoria de acción constituye un tipo diferente de memoria episódica que la memoria verbal (Cohen, 1981). Esta evidencia es compatible con la idea de que el mejor rendimiento de la memoria ocurre sin ninguna operación de codificación adicional, lo que sugiere que la ejecución es suficiente para establecer una huella de memoria.

Existe evidencia que demuestra que diversos factores influyen en la memorización de ítems en las tareas verbales como, el nivel de procesamiento (Cohen, 1981; Nilsson & Craik, 1990), el tiempo de presentación (Cohen, 1985), el tipo de instrucción (explícita o implícita), las diferencias individuales de los participantes o las características de los ítems como el nivel de familiaridad (Engelkamp, Zimmer, & Biegelmann, 1993; Knopf, 1991). Sin embargo, estos factores no influyen o se ven reducidos cuando se ejecuta la acción. Por ejemplo, los experimentos en sujetos con discapacidad intelectual (Cohen & Bean, 1983), adultos mayores (Bäckman & Nilsson, 1984, 1985; Kausler & Lichty, 1986; Lichty, Kausler, & Martinez, 1986) o niños (Cohen & Stewart, 1982) que normalmente muestran un peor rendimiento en las pruebas de memoria en las tareas verbales, presentan un rendimiento similar al de los adultos normales cuando se realizan tareas autoejecutables. Lo que sugiere que las diferencias individuales no influyen o al menos reducen su efecto negativo en la memorización cuando se realiza la acción.

Sin embargo, otros estudios han resaltado que la eliminación de las diferencias individuales, como por ejemplo las debidas a la edad, depende de factores como la extensión

del material o el tipo de prueba utilizado. Por ejemplo, cuando se compara el rendimiento de la memoria con tareas autoejecutables entre adultos mayores y jóvenes las diferencias desaparecen en listas cortas, pero no en listas largas (Cohen, Sandler, & Schroeder, 1987). Asimismo, por ejemplo, Kausler (1989) estudió el efecto de la acción en la memoria en participantes con distinta edad. Cuando se utilizó una prueba de recuerdo libre se observó una reducción de los efectos de la edad en la memoria cuando se realizaba la acción, mientras que cuando se utilizaban pruebas de reconocimiento no se observó tal reducción.

Por lo tanto, se ha demostrado que la ejecución de tareas ejecutables favorece la memorización cuando se utilizan pruebas de memoria como recuerdo libre o recuerdo con claves (Cohen, 1989; Engelkamp & Zimmer, 1985, 1989, 1994). Sin embargo, no se observan efectos positivos con pruebas de reconocimiento, de recuerdo serial, o espacial. Hay dos posibles interpretaciones de estos resultados: 1) que el efecto de la acción en la memoria difiere en función de la prueba de memoria utilizada para la recuperación, lo que sugiere que la facilitación de la memoria por la acción podría estar modulado por las demandas de la tarea; y 2) que la acción mejora el recuerdo del ítem, pero no mejora el recuerdo de su contexto de aparición (memoria contextual de la fuente) (Cornoldi, Corti, & Helstrup, 1994; Engelkamp, 1986, 1998; Helstrup, 1989; Zimmer, 1996), ni su recuerdo serial (Helstrup, 1987; Olofsson, 1996; Zimmer, Helstrup, & Engelkamp, 1993), o su posición en el espacio (Zimmer, 1996).

Otra investigación más reciente realizada por Zhang y Wang (2020) estudiaron los mecanismos que subyacen el efecto de enactment y el procesamiento de las características de la memoria de acción con el paradigma de SPT y con el paradigma de olvido inducido por la recuperación. Los resultados mostraron efecto de enactment de un mejor recuerdo cuando los sujetos realizaban la acción en comparación de cuando solo estudiaban su forma verbal. Los autores también concluyeron que la representación semántica forma parte de la memoria

semántica y no solo un factor que influye en la aparición del SPT. Los resultados mostraron que durante la codificación verbal, tanto las representaciones semánticas como la información motora no favorecieron de forma distinta el efecto de enactment. Estos resultados sugieren que el sistema conceptual se encarga del procesamiento de la memoria de acción y no constituye un sistema aparte.

En base a todos los hallazgos de estos estudios, la pregunta que surge es si las simulaciones motoras tienen un rol causal en la memoria a corto plazo. La evidencia de estudios de neuroimagen que relacionen la acción con la memoria de forma causal es escasa. Posiblemente se debe a que el estudio de relaciones causales acerca de procesos mentales derivadas de la activación de regiones específicas es dudosa. Una de las razones es que la activación de regiones específicas durante la realización de cierta tarea puede no ser la única región implicada en la tarea, ni ser esencial en el proceso (Page, 2006).

Por ejemplo, dos estudios que utilizaron resonancia magnética funcional (RMF) dan cuenta de este efecto. Mecklinger, Gurenewald, Weiskopf, y Doeller (2004) analizaron el patrón de activación cerebral producida por el procesamiento de objetos manipulables y no manipulables en dos experimentos. En el primero los participantes tenían que observar el objeto de forma pasiva y presionar un botón cuando un rostro se presentara (tarea go/ no go), en el segundo experimento los participantes tenían que retener la imagen del objeto en la memoria de trabajo durante 100 ms para juzgar si era idéntico o no. Los resultados mostraron que los objetos manipulables presentaban un patrón de activación de la corteza premotora ventral izquierda (CPMVi), relacionada con el programa motor, mientras que los objetos no manipulables mostraron actividad en el giro frontal inferior izquierdo (GFIi). Los resultados de ambos experimentos muestran que la memoria de trabajo para objetos manipulables se basa en programas motores asociados a su uso. Estos resultados sugieren que la información motora tiene un papel importante en el mantenimiento de representaciones de objetos en la

memoria de trabajo. Sin embargo, en un tercer experimento se observaron resultados variables. Utilizaron una tarea control y dos tareas de memoria: en una tenían que comparar si el movimiento de los dos estímulos de objetos presentados se podía realizar con las manos y en la otra, tenían que comparar su tamaño. Los resultados mostraron mayor activación de la corteza pre-motora ventral CPMv durante la tarea de movimiento, lo que demuestra que el grado de implicación del sistema motor en el mantenimiento de objetos en la memoria de trabajo puede adaptarse, ser flexible y depender de las exigencias de la tarea. Estos resultados sugieren que la activación de los programas motores están bajo control de arriba-abajo. También se observó activación de la CPM durante la observación pasiva del estímulo, lo que podría sugerir que la activación no debería atribuirse al mantenimiento de objetos en la memoria de trabajo, sino a una activación secundaria.

Dos efectos observados recurrentemente en los experimentos de memoria a corto plazo son los de similitud y de aislamiento. La manipulación de la similitud y aislamiento de determinadas características han sido utilizadas en diversos estudios para investigar su efecto en la memoria durante la codificación o recuperación de la información.

Por un lado, el efecto de la similitud sugiere que es más difícil recordar el orden de presentación de los estímulos que comparten características similares que aquellos con características diferentes (Baddeley, 1966). Una serie de experimentos que dan cuenta de este efecto fueron los realizados por Downing- Doucet y Guérard en 2014. Estos autores investigaron el rol del sistema motor en la memorización de objetos mediante la manipulación del grado de similitud de las acciones asociadas a los objetos. Se presentaron una serie de imágenes de objetos acompañadas de un video de diez fotogramas en sucesión de 300 ms on/ 0 ms off. Cada uno representaba cuatro tipos de agarre: fuerza; índice-pulgar; dedos-pulgar y extensión paralela. Se presentaron seis fotos de objetos asociados a diferentes tipos de agarre. La tarea consistía en observar los vídeos y memorizar el orden de

presentación de los objetos. Durante la fase de estudio los participantes hicieron una tarea de supresión articuladora, tenían que repetir las letras A B C D durante la presentación de la lista y la recuperación para evitar una recodificación verbal. Los resultados de la prueba de memoria de recuerdo serial del primer experimento mostraron un mejor recuerdo para la lista de objetos asociado a acciones diferentes. Sin embargo, este efecto desapareció cuando los participantes realizaban una tarea de supresión motora (abrir y cerrar ambas manos) o cuando tenían que aprender objetos no manipulables. Estos resultados demuestran que la acción está implicada en las representaciones de memoria.

### **Paradigma de aislamiento motor**

El efecto de aislamiento muestra cómo las características sensorio-motoras asociadas con los estímulos podrían modular el rendimiento de la memoria. Un ejemplo de los estudios que han demostrado el efecto de aislamiento motor es el realizado por Guérard y Lagacé (2014). En su estudio presentaron imágenes de objetos que permiten realizar pantomimas (*trampolín, sierra*) e imágenes de objetos que son difíciles de representar (*luna, arbusto*). Estos objetos se presentaron en listas homogéneas (con siete objetos de alto nivel de pantomima y siete con bajo nivel de pantomima) y heterogéneas (el cuarto objeto de la lista era de diferente nivel de pantomima que los otros). Los resultados en una tarea de recuerdo serial mostraron que el cuarto objeto se recordó mejor en las listas heterogéneas que en las listas homogéneas.

En un segundo experimento no se observó el efecto del aislamiento motor cuando se realizaba una tarea concurrente de interferencia motora de abrir y cerrar el puño de la mano a lo largo de la fase de codificación y recuperación. Sin embargo, en un tercer experimento, se sustituyeron las imágenes de objetos por imágenes de animales y de construcciones humanas, y se utilizó la misma tarea de interferencia motora. Se observó un efecto de aislamiento visual o semántico, lo que sugiere que la tarea de interferencia motora elimina

selectivamente el efecto de aislamiento que se basa en acciones asociadas a los objetos, pero no en efectos que se basan en otras características.

Diversos estudios han demostrado el efecto que tiene la disposición sensorial y motora en la memoria. Se ha demostrado efectos de aislamiento perceptivo. Por ejemplo, Pecher y colaboradores (1998) observó un efecto priming perceptual solo cuando el reconocimiento es posterior a una tarea de decisión perceptual. En su experimento utilizaron el paradigma prime y presentaron palabras relacionadas por su forma visual como (*“pizza-moneda, miel-pegamento”*). Los resultados mostraron un pequeño efecto priming al nombrar las palabras cuando la palabra prime compartía la forma visual con la palabra-objetivo. Este efecto solo se observó cuando la tarea de nombrar era precedida por tarea de decisión perceptual, que provocó que la forma visual fuera una característica saliente. Estos resultados sugieren que no existe una relación directa entre los sistemas perceptivos y el conocimiento semántico.

Richardson y colaboradores (2003) presentaron cuatro tipos de frases que contenían palabras concretas y abstractas con orientación vertical u horizontal. Las frases estaban formadas por verbos concretos que implicaban una orientación horizontal (*“El barco se hundió en el océano”*) o vertical (*“El mecánico tiró la cadena”*); y frases con verbos abstractos que suponían orientación horizontal (*“El niño quiere el pastel”*) o vertical (*“El hombre respeta a su padre”*). Posteriormente los participantes tenían que reconocer si ambas imágenes aparecieron en la misma frase. Los resultados mostraron que el reconocimiento fue más rápido cuando la orientación de las palabras era congruente con la implicada en la frase. El efecto solo fue observado para palabras concretas, pero no para las abstractas. Por el contrario, en un experimento anterior realizado por los mismos autores obtuvieron un efecto de incongruencia espacial. Demostraron que la comprensión de verbos interfirió con el rendimiento en una tarea de discriminación perceptiva visual, que consistía en reconocer un

estímulo visual (círculo o un cuadrado) presentados en una localización espacial específica (arriba, abajo, derecha o izquierda). La discriminación fue más lenta cuando la localización espacial (arriba) y la orientación de la frase era congruente (“*El globo flota sobre la nube*”). Bergen y colaboradores (2007) replicaron estos resultados con frases que describían movimientos hacia arriba y abajo y objetos con localización canónica de arriba y abajo.

Stanfiel y Zwaan (2001) demostraron también que la lectura de frases que describían la orientación de objetos en una posición facilitaba la respuesta motora cuando se observaron imágenes de objetos con la misma orientación. Posteriormente estos autores replicaron sus resultados en un experimento similar (Zwaan, Stanfield, & Yaxley, 2002).

Diversos estudios han demostrado un efecto de congruencia espacial, esto es un mejor recuerdo cuando la orientación de los estímulos era congruente con la disposición presentada. Por ejemplo, Apel, Cangelosi, Ellis, Goslin, y Fischer (2012) utilizaron imágenes de tazas con el asa orientada a la izquierda o a la derecha. Los participantes tenían que ejecutar una serie de instrucciones (1-6) solo con la mano derecha. Los resultados en la tarea de recuerdo de instrucciones mostraron que recordaron más instrucciones cuando la orientación del asa era hacia la derecha en comparación de cuando estaban orientadas a la izquierda. Estos resultados sugieren que la orientación de las tazas a la derecha activa neuronas premotoras que controlan movimientos de la mano derecha. Sin embargo, en un experimento posterior no se observó ningún efecto de orientación cuando los participantes realizaban las acciones con la mano izquierda. Los autores sugirieron que la ausencia del efecto se debía a que los objetos están hechos para personas diestras y los zurdos utilizan la mano derecha para interactuar con los objetos, por lo que la asociación ente la representación motora y el movimiento de objetos no es fuerte.

Pezzulo, Barca, Lamberti-Bocconi, y Borgh (2010) demostraron resultados similares en una tarea de memoria de secuencias motoras de rutas con diferente nivel de dificultad con

escaladores novatos y expertos. En su estudio, los escaladores tenían que aprender tres tipos de rutas: una ruta fácil, difícil e imposible. Los resultados mostraron que los escaladores novatos recordaron igual que los expertos las rutas fáciles e imposibles. Por el contrario, los expertos recordaron mejor la ruta difícil. Lo cual sugiere que los expertos realizan una simulación motora para ruta difícil y fácil, porque pueden realizar la secuencia motora.

Similarmente, en otro estudio realizado por Pecher y colaboradores (2007) demostraron que el reconocimiento de imágenes de conceptos era mejor cuando se presentaron previamente propiedades visuales asociadas a esos conceptos.

Contrario a los resultados obtenidos en los estudios presentados con anterioridad, Richardson et al. (2001) observaron un efecto negativo de la congruencia. Presentaron de forma serial imágenes de ocho objetos con potencialidades (affordances) orientadas a la derecha o a la izquierda. En una tarea de reconocimiento posterior se observaron respuestas más rápidas cuando la orientación de la respuesta afirmativa (palabras recordadas) era opuesta a la potencialidad (affordance). Estos resultados demuestran mejor reconocimiento cuando la orientación de la potencialidad y la respuesta era incongruente. Estos resultados son compatibles con la idea de que el nombre de los objetos re-activa la potencialidad motora percibida en el objeto de referencia.

Los resultados de estos estudios sugieren que la atención a las características visoespaciales puede ser evidente e influir, solo cuando la localización concreta ha sido definida antes por otro estímulo de referencia. Estos resultados podrían evidenciar que las simulaciones sensorio-motoras no son necesarias durante el acceso a la información semántica, lo cual es consistente con los postulados de las teorías corpóreas débiles e intermedias.

Otra manipulación experimental durante el periodo de codificación dirigida a mejorar el recuerdo es el nivel de procesamiento de las palabras. La teoría de los niveles de

procesamiento ( Craik & Lockhart, 1972) sugiere que la fuerza del recuerdo depende del nivel de codificación, a mayor profundidad de la codificación, mejor recuerdo. El “nivel de procesamiento” se puede definir como el procesamiento por niveles del estímulo, donde la profundidad del procesamiento es directamente proporcional al grado de análisis semántico. La codificación a nivel profundo implica la utilización de relaciones semánticas lo que a su vez permite asociar la nueva información en varias dimensiones además de la dimensión visual o fonológica. Por ejemplo, cuando intentamos memorizar una palabra como “*mesa*” a un nivel profundo se activarían asociaciones enriquecidas con experiencias pasadas, imágenes o contextos donde se encuentra la palabra, como comida, silla, restaurante etc. Mientras que a menor nivel de profundidad se analizaría solo las características físicas o sensoriales del estímulo como las líneas o ángulos de la palabra, sin generarse muchas relaciones semánticas ( Craik & Lockhart, 1972).

Si consideramos que la fuerza de la huella de memoria está modulada por la riqueza de la codificación, es razonable esperar que si la codificación se realiza a distintos niveles o dimensiones entonces las rutas de evocación aumentan, y su recuerdo será más estable. La integración de la información en más de una dimensión para ser almacenada favorece el recuerdo, por lo que la memoria dependerá del nivel de procesamiento que se aplica a la información recibida en el momento de la codificación.

#### *Paradigma de interferencia motora*

Si el sistema motor favorece la memoria de objetos, entonces cabría asumir que la interferencia con el sistema motor debería influir negativamente en la memoria. Smyth y Pendleton (1989) demostraron que la amplitud (span) de memoria de trabajo fue menor cuando se realizaba una tarea simultánea de secuencias manuales (apretando un tubo). Asimismo, Witt, Kemmerer, Linkenauger y Culham (2010) demostraron que una tarea de

interferencia motora afectó el tiempo de respuesta para nombrar imágenes de herramientas, pero no de imágenes de animales. En la misma línea, Shebani y Pulvermüller (2013) obtuvieron resultados similares. En su estudio estudiaron el efecto de interferencia motora de acciones realizadas con efectores (manos / pies) en la memoria a corto plazo de palabras de acción. Los participantes tenían que recordar el orden de presentación de secuencias de cuatro verbos de acciones manuales (“*aplaudir*”) y verbos de acciones de pie (“*patear*”) mientras realizaban simultáneamente una de cuatro tareas. La tarea de interferencia manual y de interferencia con los pies consistía en repetir una secuencia con las manos y pies respectivamente (D-I-D-II-D), la tarea de interferencia verbal era una tarea de supresión articulatoria, y finalmente como condición control no realizaban ninguna tarea. Los resultados mostraron más errores cuando la acción del tipo de palabra (manual o de pie) era congruente con el efector de la tarea de interferencia motora. Estos resultados demuestran que la ejecución de una tarea motora interfiere en la memoria a corto plazo de palabras. Estos hallazgos sugieren que el sistema motor juega un papel importante en la memoria a corto plazo.

Por el contrario, Pecher y colaboradores (2013), en una serie de cinco experimentos, observaron un efecto de interferencia de la acción realizada durante el periodo de retención. En todos los experimentos se presentaron imágenes de objetos manipulables (*calculadora*) y no manipulables (*chimenea*) para ser recordados. Posteriormente durante el periodo de retención, los participantes tenían que realizar una de las siguientes tareas: Una tarea de interferencia motora (hacer la posición de puño con ambas manos), una tarea verbal (repetir en voz alta cuatro sílabas sin significado), ambas tareas o ninguna tarea. La hipótesis de los autores era que la tarea de interferencia motora afectaría la memoria de objetos manipulables. Los resultados de la prueba de reconocimiento mostraron que las tareas de interferencia tuvieron un peor rendimiento en el reconocimiento de palabras manipulables y no

manipulables en comparación con la condición control. Estos resultados se replicaron aún con diferentes tipos de estímulo como con palabras de los objetos, y con diferentes cargas (1 a 4 durante el estudio). En otro estudio Pecher, de Klerk, Klever, Post, van Reenen, y Vonk (2013) presentaron objetos manipulables y no manipulables. Durante el periodo de retención los participantes tenían que realizar una tarea de interferencia motora, verbal o visual. Los participantes tenían que realizar una tarea n-back con una carga de 1 a 4. Los resultados mostraron que el rendimiento fue peor cuando se realizaba una tarea de interferencia y cuando aumentaba la carga de memoria. Sin embargo, no se observó ningún efecto en el tipo de palabras recordadas y el tipo de tarea realizada.

Posteriormente, Quak, Pecher y Zeelenberg (2014) investigaron si las affordances motoras procedentes de imágenes de objetos permiten mantener la representación del objeto en la memoria a corto plazo para su posterior recuerdo. Los autores manipularon la congruencia de los objetos y la tarea motora realizada. En el estudio se presentaron imágenes de objetos manipulables que se asociaban con un tipo de agarre de pinza (*aguja*), objetos manipulables asociados a un agarre de fuerza (*martillo*) y objetos no manipulables (*chimenea*). Los participantes tenían que realizar una de las siguientes tareas mientras realizaban una tarea 3-back: agarrar y presionar un cilindro pequeño con el pulgar y el dedo índice (movimiento de pinza); presionar y soltar un cilindro grande con toda la mano (un movimiento de agarre de fuerza) o ningún movimiento. Los autores hipotizaron que los objetos no manipulables se recordarían mejor que los objetos manipulables. La ejecución de una tarea motora incongruente provocaría una peor ejecución que realizar una tarea motora congruente con la información presentada previamente. Sin embargo, no se observó ninguna interacción entre el tipo de objetos recordado y el tipo de tarea realizada. Los resultados mostraron que el realizar una tarea motora afecta el rendimiento más que no realizar ninguna tarea.

En vista de estos resultados, Zeelenberg y Pecher (2015) realizaron dos experimentos para intentar replicar los resultados obtenidos por Shebani y Pulvermüller (2013) y comprobar la hipótesis de que los resultados se debían a diferencias en el tipo de estímulo o la tarea motora utilizada.

En el primer experimento, intentaron comprobar la hipótesis de que el efecto depende de la tarea de interferencia motora realizada. En una tarea N-back presentaron objetos manipulables y no manipulables mientras realizaban una tarea de interferencia motora de secuencias manuales y de pie (D-I-D-I). Los resultados no mostraron interacción significativa entre el tipo de estímulo y el tipo de tarea motora. Estos resultados indican que el efecto no se ve alterado por el tipo de tarea motora. Por lo que, en un segundo experimento, se intentó comprobar si la afectación en la memoria por la acción depende del tipo de estímulo presentado. En este experimento se utilizaron los mismos estímulos de Shebani y Pulvermüller (2013), verbos cuya acción se realizaba con las manos o los pies, y la misma tarea de interferencia motora de secuencias motoras de manos y pies durante la realización de una tarea n-back. Los resultados no mostraron interacción entre el tipo de estímulo y el efector de la tarea de interferencia. Estos resultados demuestran que el tipo de estímulo tampoco es crucial en la observación del efecto de interferencia motora en la memoria.

Una tercera hipótesis fue planteada como explicación a la evidencia contradictoria observada. Es posible que la tarea de memoria utilizado en estos experimentos sea un factor crítico en la obtención de los efectos de memoria. Cabe esperar entonces que, si el efecto en memoria es replicado con tareas memoria de orden serial, entonces recordar estímulos en un orden determinado es un factor crítico en la aparición de los efectos de la acción en la memoria.

Pecher, Wolters, Scholte & Zeelenberg (2019) demostraron en una serie de experimentos que la ausencia del efecto de interferencia motora en la memoria no depende

del momento de ejecución de la acción durante la codificación, retención o recuperación. Siguiendo el razonamiento de que la tarea de interferencia motora debería interferir con el recuerdo, analizaron el efecto de una tarea de interferencia motora (abrir y cerrar el puño de forma continua) con una tarea de recuerdo libre. En cada experimento manipularon el tiempo de ejecución de la misma tarea de interferencia motora durante la codificación, retención, recuperación o durante la codificación y recuperación. Los participantes tenían que realizar una tarea de distracción durante el periodo de retención posterior a la presentación de imágenes de objetos manipulables y no manipulables. Los resultados de la prueba de recuerdo libre mostraron que los objetos manipulables no se recordaron mejor que los no manipulables. No se observó interacción entre el tipo de objeto y el tipo de interferencia motora en comparación con la condición control en ninguno de los experimentos. Los resultados demostraron que la tarea de interferencia motora no depende del tiempo en el que se realiza la tarea de interferencia motora y que la acción motora concurrente no afecta la memorización de objetos. Estos resultados sugieren que la simulación motora no es crítica en la memorización a largo plazo de objetos relacionados con la acción. Estos resultados sugieren que la simulación motora no forma parte de la memoria a largo plazo de objetos.

#### *Paradigma de congruencia motora*

El fenómeno de *congruencia motora* tiene lugar cuando un estímulo con características motoras antecede a otro estímulo relacionado, de forma que el primero afecta a la ejecución del segundo. Sin embargo, la evidencia experimental ha demostrado que el efecto producido puede ser de facilitar o inhibir el procesamiento del segundo estímulo.

Algunas investigaciones han demostrado que la presencia de un estímulo con características motoras congruentes produce un efecto de facilitación reduciendo el tiempo de respuesta del sujeto o mejorando su precisión. Por ejemplo, las personas identifican objetos o palabras de objetos más rápido cuando la respuesta es congruente con el tipo de

agarre y la orientación del agarre del objeto (Tucker & Ellis, 1998, 2001, 2004). Sin embargo, otras veces la presentación de un estímulo con características motoras congruentes da lugar a un efecto inhibitorio o ningún efecto. Pecher, Van Dantzig, Zwaan y Zeelenberg (2009) también demostraron que las simulaciones sensoriales producidas durante la comprensión del lenguaje mejoraban la memoria de frases que se correspondían con dichas simulaciones. En su estudio, los participantes tenían que realizar una tarea de juicio de frases que implicaban una orientación particular del objeto (“*El carpintero ha hecho un agujero en la pared con su taladro*”). Después de cuarenta minutos los participantes tenían que reconocer los objetos presentados en una prueba de reconocimiento de imágenes. Se observó mejor recuerdo para aquellos objetos que se correspondían con la forma u orientación implicada en la frase.

Trasladado al paradigma de la memoria de acción, esto puede implicar que la ejecución de la acción puede reforzar la huella de memoria por medio de la reactivación de características motoras congruentes con información previa. De acuerdo con Moscovitch, Nadel, Winocur, Gilboa y Rosenbaum, (2006) la reactivación de la huella de memoria permite la modificación y el fortalecimiento de información aprendida previamente, si la información nueva se corresponde con la huella de memoria existente. Los estudios de la reactivación de la huella de memoria se han aplicado a la teoría de la reconsolidación que plantea que las intrusiones ambientales permiten actualización de la huella de memoria y su reactivación permite la modificación y actualización de las memorias antiguas mediante la desestabilización del recuerdo (Rasch & Born, 2007). Y si la memoria es susceptible a intrusiones ambientales durante la consolidación entonces también podría verse afectada por las actividades realizadas durante el día, dando lugar a efectos de facilitación como el de la congruencia motora.

Uno de los estudios que evidencian el rol del sistema motor en la memoria a largo plazo de los objetos y que utilizaron el paradigma de la congruencia motora es el realizado por van Dam y colaboradores (2013). En una serie de tres experimentos observaron que el recuerdo de palabras de objetos manipulables (Palabras Objeto) es favorecido por acciones motoras realizadas durante el proceso de consolidación. Este efecto positivo de la acción en la memoria a largo fue nombrado por los autores como efecto de congruencia motora. En el primer experimento solicitaron a los participantes memorizar palabras de objetos manipulables asociadas a una acción (girar, presionar o sin acción) presentadas en un ordenador para su reconocimiento en una prueba posterior de memoria. Antes de la prueba de reconocimiento, los participantes realizaron una tarea go/ no go en el periodo de retención, realizaron una acción motora (girar o presionar un dispositivo). Los resultados demostraron que las palabras de objetos se recordaron mejor cuando la acción realizada en el periodo de retención se correspondía con la acción implicada del objeto presentado en la codificación (*efecto de congruencia*). Estos autores concluyeron que el efecto de la reactivación de códigos motores en el periodo de consolidación favoreció el recuerdo de palabras de acción.

El objetivo del segundo experimento fue investigar si el efecto de congruencia se debía a asociaciones durante la codificación entre los códigos sensoriomotores y semánticos. El procedimiento fue igual al del experimento 1 durante la fase de go no go y de codificación. Sin embargo, en la fase de reconocimiento se utilizaron imágenes de objetos en lugar de palabras y un test de memoria implícita sensible a priming perceptivo. El test de imágenes fragmentadas, en el que los participantes tienen que identificar imágenes de objetos que aparecen inicialmente completamente enmascaradas y paulatinamente son reconocible. Los resultados mostraron que la precisión en el reconocimiento y el nivel de clarificación (analizado por la velocidad de respuesta) fue mayor para las imágenes que denotaban objetos congruentes que para objetos incongruentes. Esto demostró que el efecto observado no se

debió a un efecto de priming semántico en la fase de recuperación. Según los autores estos resultados son consistentes con la idea de que las acciones motoras influyen positivamente en la consolidación. El tercer experimento se utilizó el test de palabras fragmentadas durante la fase de reconocimiento como prueba de memoria implícita. En este test los participantes tenían que completar el nombre de la palabra fragmentada (e.g., piano – \_i\_no). Los resultados mostraron un efecto de facilitación en el tiempo de reacción para las palabras de objetos congruentes en comparación con los incongruentes. Los autores concluyeron que estos resultados sugerían que el efecto de congruencia demostraba la asociación durante la codificación entre los códigos sensoriomotores y semánticos.

Como se ha revisado en secciones anteriores, otros estudios han obtenido resultados contrarios a los obtenidos por van Dam y colaboradores (2013) de ausencia de efectos de la acción en la memoria a corto plazo (Guérard & Lagacé, 2014; Pecher, 2013; Pecher et al., 2013; Pecher et al., 2015; Quak et al., 2014) y a largo plazo (Pecher et al., 2019; Yu, Abrams, & Zacks, 2014; Zeelenberg & Pecher, 2020). En relación a los estudios realizados a largo plazo se han obtenido resultados similares en distintos laboratorios.

Posteriormente, Zeelenberg, Remmers, Blaauwgeers & Pecher (2020) realizaron cuatro experimentos con el fin de replicar y generalizar el efecto de congruencia obtenido por van Dam y colaboradores (2013). En el experimento 1 y 2 no se observaron efectos de congruencia de acción en el priming de repetición durante una tarea de decisión léxica entre objetos naturales y hechos por el hombre, sugiriendo que el efecto de congruencia en pruebas de memoria implícita no puede ser generalizable a otras pruebas de memoria implícita contrario a los resultados obtenidos en el experimento 2 y 3 de van Dam y colaboradores (2013). En el experimento 3, se analizó si el efecto de la congruencia de la acción depende del tiempo de la manipulación de la acción congruente, inmediatamente después de la fase de estudio o antes de la fase de reconocimiento, un día después. De nuevo, no se observó

ningún efecto de congruencia. Finalmente, en el último experimento fue una réplica exacta del experimento 1 de van Dam y colaboradores (2013) tampoco se obtuvo ningún efecto de congruencia motora posterior al aprendizaje de material relacionado. Se plantearon dos posibles explicaciones de los resultados. La primera supone que la activación automática de la información motora relacionada con las palabras puede disiparse tras breves momentos si la atención se enfoca en otros aspectos del estímulo no relacionados con la acción (los sonidos asociados). Una segunda interpretación es que las acciones motoras no son activadas automáticamente durante la percepción, y los efectos de compatibilidad o congruencia se deben a una codificación espacial abstracta.

La activación no automática y la ausencia de efecto de la acción en la memoria también ha sido evidenciada por otros autores según (Pecher, 2013; Pecher et al., 2013; Pecher et al., 2015; Pecher et al., 2019; Quak et al., 2014; Yu et al., 2014; Zeelenberg & Pecher, 2016; Zeelenberg et al., 2020). Estos resultados fueron interpretados por los autores como evidencia en contra de la idea de que las acciones motoras juegan un papel fundamental en la memoria a largo plazo de los objetos.

Se ha observado que las variables que modulan el fenómeno de *congruencia motora* han sido las siguientes: el tiempo que media entre el primer estímulo y el segundo, la precisión del recuerdo de los estímulos, el tipo de prueba memoria utilizada, explícita o implícita.

En un experimento realizado por Madan y Singhal (2012) investigaron si el nivel de manipulabilidad de palabras combinado con la profundidad de su procesamiento influye en el rendimiento de la memoria. En el experimento, los participantes tenían que juzgar palabras de alta y baja manipulabilidad en base a tres niveles de procesamiento: en función de la experiencia personal (nivel profundo), funcionalidad (nivel medio) y longitud de la palabra (nivel superficial). Los resultados mostraron, por un lado, un efecto de la profundidad del

procesamiento, donde los participantes que procesaban las palabras de forma elaborada y de forma extendida durante la codificación recordaron más palabras que aquellas que procesaron las palabras de forma superficial. Por otro lado, los grupos que referían la experiencia personal (nivel profundo) y la longitud de la palabra (nivel superficial) recordaron mejor las palabras de alta manipulabilidad que las palabras de baja manipulabilidad. De forma contraria, en el grupo funcional, que juzgaban si las palabras eran manipulables o no, se observó un mejor recuerdo para las palabras de baja manipulabilidad. Este efecto de mejor rendimiento en la memoria para las palabras de alta manipulabilidad observado en los grupos que juzgaban la experiencia personal y la longitud de la palabra fue contrario en el grupo funcional.

La interpretación de los autores de estos resultados es que se debe al automatismo del procesamiento. En el primer caso, en el grupo de experiencia personal y superficial, son el resultado de un procesamiento automático de las representaciones motoras relacionadas a las palabras que ocurren predominantemente sin ser conscientes de ello. Mientras que, en el segundo caso, en el grupo funcional, el procesamiento automático fue anulado por un procesamiento controlado que es resultado de una incongruencia básica presente cuando la manipulación del estímulo era menos obvia.

### **Resumen y conclusiones**

En este capítulo hemos revisado la idea de que la ejecución de una acción motora puede favorecer el recuerdo de representaciones corpóreas relacionadas con la acción y caracterizadas por la activación de los sistemas neuronales implicados en la acción. Esta activación permitiría que las características motoras relacionadas con las representaciones pudieran activarse fácilmente mediante la reactivación de una acción y por tanto favorecer su recuerdo.

Una conclusión que podemos formular es que, en comparación con los estudios que analizan el papel de la activación de la acción en la comprensión de material lingüístico, los estudios de la ejecución de la acción en la memoria son escasos. Asimismo, esta observación también se aplica a los estudios de largo plazo y consolidación en comparación con los de corto plazo y codificación.

Se han revisado algunas investigaciones al respecto relacionadas con el paradigma enactment que resalta el papel que desempeña la ejecución de la acción durante la codificación, así como las tareas autoejecutables que han demostrado que el recuerdo es mejor cuando la acción es realizada por uno mismo en comparación de cuando es observada o descrita (Cohen, 1981; Engelkamp, 1997; Engelkamp & Krumnacker, 1980; Engelkamp & Zimmer, 1983).

También se han descrito las investigaciones en la memoria a corto plazo relacionadas con efectos de congruencia, de aislamiento, priming que obtuvieron resultados contradictorios. Se observó que el efecto que tiene la acción en la memoria a corto plazo depende del tipo de prueba utilizada en la investigación. No se obtuvieron efectos positivos en la memoria cuando las pruebas de memoria eran tareas de reconocimiento y tareas n-back. Sin embargo, cuando se utilizaron tareas de recuerdo del orden serial si se observó mejor rendimiento en la memoria. Estos datos podrían sugerir que el tipo de prueba de memoria es una variable importante que influye en la recuperación del material aprendido.

Asimismo, se ha observado una sola investigación que ha estudiado el efecto de la acción en la memoria a largo plazo (van Dam et al., 2013). El efecto de congruencia motora investigado por van Dam y colaboradores (2013) parece apoyarse en el concepto de simulación presente en las teorías corpóreas, el proceso que subyace el efecto modulador de la acción en la memoria. No obstante, no está claro si la influencia de la activación y reactivación de características motoras mediante la acción es posible si ésta es ejecutada

durante la consolidación y no durante la codificación como ya se ha demostrado (Engelkamp & Zimmer, 1983). En cualquier caso, parece claro que la acción genera un mayor nivel de activación que otros aspectos o dimensiones de la información almacenada en la memoria, y esto hace que estén de alguna manera más accesibles para nuestra memoria.

Y debido a esto he considerado que el paradigma de la congruencia motora es el más adecuado para estudiar el efecto de la acción en la memoria a largo plazo, y es por ello que será replicado en la parte experimental de la tesis.

Estos resultados no niegan el valor que tienen las teorías corpóreas, sino que manifiesta la necesidad de investigar otras variables de tipo contextual, como el tipo de prueba, que podrían favorecer la observación del efecto de la acción en la memoria.

Como se ha manifestado en el resumen del capítulo 2, es necesario encontrar nuevos vínculos entre las representaciones motoras con procesos cognitivos como la memoria, es decir, saber en qué circunstancias podemos lograr la activación de las características motoras para que tenga un impacto funcional sobre la memoria y saber qué es necesario para que el efecto esperado se produzca. En otras palabras, tenemos que distinguir las variables que pueden favorecer o impedir que el efecto de la acción en la memoria se manifieste.

## OBJETIVOS

Los resultados obtenidos en pasadas investigaciones son controvertidos y no existe un acuerdo general sobre la implicación de los sistemas perceptivos y motores en la cognición. Como ya se expuso en el primer capítulo, las distintas teorías de la representación del significado conceptual difieren en función al grado de implicación que atribuyen a los sistemas sensorio-motores en las representaciones de memoria.

La revisión de la evidencia empírica descrita en el capítulo 2 muestra resultados mixtos. Por un lado, la evidencia neuropsicológica más interesante muestra que la preservación de la capacidad para comprender conceptos en pacientes con lesiones sensoriales y motoras refleja la implicación de otros procesos relacionados con la plasticidad y la asociación indirecta con otras áreas secundarias. Asimismo, también se ha observado que la utilización de las nuevas técnicas de neuroimagen funcional ha dirigido la investigación hacia el estudio de la dinámica de activación más que en la presencia o ausencia de activación. Por otro lado, la evidencia neurocientífica puso de manifiesto que, aunque existe una activación de la corteza motora ante la presentación de estímulos relacionados con la acción, la activación pueda deberse a una activación secundaria, producida por la asociación del contenido con determinadas modalidades. Por último, la evidencia comportamental sugiere que la simulación de las características sensoriales y motoras favorece la comprensión de material relacionado con la acción y percepción. En conjunto, el grado de implicación de los sistemas motores en la representación del significado continúa siendo un tema de debate. Sin embargo, las teorías de corporeidad débiles y secundarias, descritas en el capítulo 1, brindan explicaciones conciliadoras para las discusiones actuales y son las que han tenido mayor evidencia a su favor.

Finalmente, aunque algunas investigaciones han logrado demostrar que las representaciones tienen un rol central en la cognición, no está clara su implicación en los procesos de memoria. La literatura presente hasta la fecha, que estudia el papel de la acción en la memoria, se ha centrado en el proceso de codificación y ha ignorado su implicación durante el periodo de retención. Además, la evidencia del papel de la acción en la memoria a corto plazo sugiere que el efecto de la acción podría depender de aspectos contextuales relacionados con el tipo de prueba.

En este punto cabría preguntarnos ¿cuál es la utilidad de investigar si la acción favorece la memoria? Los resultados obtenidos en esta tesis supondrían una importante contribución debido a varias razones:

1. En el campo de memoria, por un lado, podría ampliar el conocimiento acerca del proceso de memorización, en particular del proceso de consolidación y re-consolidación de memoria, así como los factores que influyen en la consolidación durante la vigilia. Las condiciones presentes después del aprendizaje que modulan la retención a largo plazo.
2. Permite la utilización de un nuevo paradigma que podría contribuir al estudio de la memoria para representaciones de memoria de acción. Aunque el paradigma de congruencia ha sido utilizado ampliamente en los estudios corpóreos, no existe un solo estudio además del original de van Dam y colaboradores (2013), que aborde el paradigma de la congruencia motora.
3. En el campo clínico permite abrir la posibilidad de nuevas intervenciones de memoria implícita cuando es imposible manejar una estrategia intencional de aprendizaje. Podría contribuir al establecimiento de pautas clínicas para la evaluación del lenguaje en enfermedades degenerativas motoras, así como la implementación de estrategias de intervención que retrasen el deterioro cognitivo en pacientes con enfermedad de

Parkinson (Sinforiani et al., 2004) y degeneración corticobasal (Sammer et al., 2006). Por ejemplo, Sammer y colaboradores (2006) observaron que los pacientes con degeneración corticobasal, que presentan incapacidad para nombrar verbos de acción, imitarlos y reconocerlos, presentaban problemas en la representación de la acción y está relacionada con los síntomas apráxicos. Estos autores concluyeron que el déficit en la capacidad de nombrar la acción se debería concebir como un problema de movimiento en lugar de un déficit léxico-semántico.

4. En el campo de las ciencias cognitivas, posibilita poner a prueba empíricamente las hipótesis de las teorías corpóreas. Y a su vez permite plantear nuevos objetivos de investigación estimulados por las propuestas de las teorías de corporeidad débiles y secundarias. Así mismo, podría contribuir al desarrollo de las teorías del significado cognitivo, específicamente redefiniendo algunos supuestos de las teorías corpóreas. En el ámbito de la lingüística cognitiva, podría esclarecer el papel que desempeña la acción en la representación mental de las palabras. Si la reactivación de las características motoras de las palabras favorece su recuerdo, entonces podría demostrarse que la acción es parte esencial de las representaciones mentales de las palabras y de su información conceptual, en la misma línea propuesta por los postulados de las posturas corpóreas.
5. Esta tesis resalta también la importancia de replicar estudios y paradigmas aceptados y reconocidos en el campo. El efecto de congruencia motora observado por van Dam y colaboradores (2013) no ha sido replicado en los últimos años, siendo esta una de las principales motivaciones de su estudio. Y debido a esta situación cabe preguntarse si no se ha replicado porque es un efecto de potencia baja o porque a otras variables críticas para la observación del efecto que no han sido analizadas hasta el momento.

Esta tesis tiene como objetivo principal analizar el papel que tienen las representaciones corpóreas en la cognición, particularmente en el proceso de memoria. En otras palabras, se investigará si la acción motora modula el proceso de memorización de representaciones basadas en la acción. Particularmente se investigará si las acciones congruentes que se realizan durante el intervalo de retención modulan la memoria de representaciones de palabras relacionadas con la acción. Estos objetivos van en línea con las hipótesis corpóreas que proponen que los procesos cognitivos como el lenguaje y la memoria dependen de los sistemas perceptivos y motoras involucrados en la percepción, acción y emoción.

El paradigma empírico utilizado en toda la serie experimental de la tesis será el paradigma de congruencia motora desarrollado por van Dam y colaboradores (2013) descrito en el capítulo 3. Este paradigma muestra mejor recuerdo cuando la acción realizada en el periodo de retención se corresponde con la acción implicada del estímulo presentado durante la fase de estudio.

Mi experiencia en el campo de la neuropsicología me ha motivado a realizar esta tesis como un intento de buscar intervenciones alternativas para las incapacidades cognitivas, en particular, las dificultades de memoria presentes en pacientes con diversas patologías. El cuerpo, siendo parte de las representaciones de memoria, podría favorecer el recuerdo mediante la vía motora de una forma implícita que no generara estrés en los pacientes como sucede en sesiones de aprendizaje incidental.

## APARTADO EXPERIMENTAL

El apartado que se presenta a continuación está compuesto por un estudio normativo de palabras de objetos asociados a movimientos específicos y cinco experimentos. El objetivo de la serie de experimentos realizados fue potenciar la memorización a partir de la reactivación de la representación corpórea de palabras de objetos. Todos los experimentos comparten la misma manipulación de la acción e intentan producir un efecto de congruencia. La manipulación se realizó durante el periodo de retención sobre tres tipos de palabras de objetos asociados a distintos tipos de acción.

Los cinco experimentos mantuvieron las mismas variables dependientes. La diferencia entre los experimentos consistió en modificar aspectos de la fase de codificación y del tipo de prueba de memoria. En los primeros cuatro experimentos se utilizó una prueba de reconocimiento de memoria, mientras que en el último se utilizó una prueba de recuerdo libre. En la fase de codificación, se presentaron palabras aisladas en el experimento uno, dos y tres, mientras que en el cuarto se presentaron además de las palabras una imagen y en el quinto un video con el movimiento asociado.

A continuación, se presenta los procedimientos seguidos en cada uno de ellos, con los resultados y conclusiones obtenidas en base a las hipótesis de investigación y objetivos propuestos

## ESTUDIO NORMATIVO DE PALABRAS ASOCIADAS A LA ACCIÓN DE GIRAR Y PRESIONAR

Con el objetivo de replicar lo más fielmente el estudio realizado por van Dam y colaboradores (2013) que demuestra el efecto de congruencia motora de la acción realizada durante el intervalo de retención en la memoria, se realizó una adaptación lingüística de los materiales para ser utilizados con participantes de idioma español. La modificación de los estímulos lingüísticos respondió a la dificultad en la traducción adecuada de algunas de las palabras neerlandesas utilizadas en el estudio original, ya que resultaban expresiones que requerían más de una palabra en español (por ejemplo, la palabra original “*Kauwgomballenautomaat*” se traducían en castellano a “*máquina de bolas de chicles*”). La asociación de las palabras con los movimientos específicos de girar y presionar es crucial para los propósitos de esta investigación, y con este fin se consideró necesario realizar este estudio normativo dirigido a la obtención de palabras de objetos que se asocien principalmente a la acción de girar y presionar en castellano. Se seleccionaron las palabras que obtuvieron mayor frecuencia y que mejor se asociaron a la acción de girar y presionar. Como resultado, se obtuvieron dos listas de palabras de objetos relacionados a la acción de girar y presionar, y funcionalmente equivalente a las utilizadas en el estudio original.

### *Método*

*Participantes.* Los participantes fueron 102 estudiantes (81 mujeres y 21 hombres) con una edad promedio de 19.9 años ( $SD = 1.55$ ). Todos los participantes fueron estudiantes de la facultad de Psicología de la Universidad de Salamanca, participaron de forma voluntaria y fueron informados del propósito del estudio al inicio de la sesión.

*Materiales.* En este estudio se utilizó un cuadernillo que constaba de cuatro apartados: a) los datos sociodemográficos, (b) las instrucciones para realizar la tarea, (c) la lista para completar las palabras de objetos asociadas con la acción de girar; y (d) la lista para completar las palabras de objetos asociadas con la acción de presionar. En cada cuadernillo la instrucción presentada a los participantes fue: “Escribe 25 palabras de objetos concretos que requieran la acción de girar”. Las palabras tenían que ser simples, realizadas de forma manual y que tuvieran asociadas como acción principal girar o presionar.

*Procedimiento.* Al inicio de la sesión, los participantes fueron informados del objetivo y del procedimiento general. Los cuadernillos fueron repartidos y ubicados en las mesas de los participantes con anterioridad. La aplicación de la prueba se realizó de forma grupal durante una clase, con un tiempo máximo de duración de 30 minutos. El tiempo medio empleado para completar el cuadernillo fue de 20 minutos aproximadamente.

### *Resultados y discusión*

Las respuestas se registraron manualmente en una hoja de cálculo y se contabilizó la frecuencia obtenida por cada palabra. El principal criterio utilizado para la selección fue juzgar si el objeto evocaba el movimiento principal de girar o presionar. Las palabras tenían que ser simples, formadas por un elemento, manipulables con la mano. Se eliminaron las palabras homónimas, que tenían doble significado como la palabra “BOTÓN”, que podría referirse al objeto utilizado en aparatos electrónicos y también al utilizado en prendas de ropa. También se eliminaron las palabras de objetos que evocaban el movimiento de girar o presionar en el mismo objeto como las palabras “PLANETA” o “PELOTA”. Se obtuvieron mayor número de palabras asociadas a la acción de presionar que la de girar.

Con el objetivo de conocer si la lista de palabras de objetos se asociaba a las acciones de presionar y girar, se realizó un proceso de valoración inter-jueces con seis miembros del

grupo de investigación de Memoria y Cognición de la Universidad de Salamanca. Se seleccionaron las palabras con mayor frecuencia obtenida y que cumplían los criterios de inclusión descritos. El acuerdo entre jueces fue total respecto a las palabras seleccionadas en cada lista. Las palabras obtenidas por cada condición se muestran en el Anexo 1.

Los participantes produjeron 606 palabras de las cuales se seleccionaron aquellas con mayor frecuencia. De las 606 palabras obtenidas por todos los participantes se seleccionaron cincuenta palabras que tuvieron mayor frecuencia (veinticinco palabras relacionadas con el movimiento de girar y veinticinco asociadas al movimiento de presionar). Las palabras de girar tuvieron un rango de frecuencia entre 0.10 y 80.01, y una frecuencia por millón de 0.04 a 1.9. Mientras que las palabras relacionadas con la acción de presionar tuvieron un rango entre 0.052 y 35.41 y un rango de frecuencia por millón de 0.02 a 1.56. De esta manera, las dos listas de palabras obtenidas tuvieron valores similares conforme a los índices obtenidos base de datos léxica en español EsPAL (2013) (véase la Tabla 4).

Tabla 4. Medias en distintos índices psicolingüísticos objetivos y subjetivos en función del tipo de palabra.

	Presionar	Girar
Log Frecuencia	0.70	0.53
Número de letras	8.27	8.00
Número de sílabas	3.36	3.23
Concreción	5.81	5.70
Familiaridad	5.92	5.40
Imaginabilidad	6.14	5.71

Con el fin de explorar las posibles diferencias en índices psicolingüísticos entre las palabras de las dos condiciones se llevaron a cabo un conjunto de pruebas de diferencias de medias (*t* de Welsch). Las pruebas, realizadas con las palabras para la que se disponía de índice en cada caso, mostraron la ausencia de diferencias significativas ( $p > .05$  entre las

palabras de presionar y girar) entre los índices de (a) frecuencia, número de letras, número de sílabas, imaginabilidad, concreción y familiaridad.

En este estudio se obtuvieron dos conjuntos de palabras de objetos asociados a dos movimientos. Esto significa que se obtuvieron palabras relacionadas con una acción específica para su utilización en el contexto experimental.

En resumen, este estudio ha permitido obtener un conjunto de palabras relacionadas con la acción de girar y presionar que servirá para la formación del material experimental en esta investigación. Por otro lado, ha permitido generar un nuevo conjunto de palabras relacionadas con el movimiento para su uso por parte de la comunidad científica.

## **Experimento 1. EFECTO DE LA ACCIÓN MOTORA EN LA CONSOLIDACIÓN DE LA MEMORIA**

El objetivo principal de este estudio fue analizar el efecto de la ejecución motora en la memorización de material verbal relacionado con la acción, previamente estudiado y replicar así el efecto de congruencia observado por van Dam y colaboradores (2013), en el que las palabras de acción congruentes con la acción realizada durante el intervalo de retención se recuerdan mejor. Este estudio fue el primero en una serie experimental que intentaba analizar algunas variables que pueden modular el efecto de congruencia. El procedimiento de este experimento fue replicado lo más fielmente al utilizado en el estudio original, excepto por la adaptación lingüística de los materiales, la utilización de un dispositivo de respuesta diferente, y la ausencia de remuneración económica hacia los participantes. Como ya se señaló en el estudio normativo, la modificación del material se debió a la dificultad para traducir algunas de las palabras neerlandesas utilizadas en el estudio original al español, ya que se traducían en expresiones que requerían más de una palabra en español. Como solución se obtuvo un nuevo conjunto de palabras relacionadas con la acción de girar y presionar, funcionalmente equivalentes a las originales. Mientras que en el estudio original dos dispositivos de respuestas fueron usados para realizar la acción de girar y presionar respectivamente, en este experimento se utilizó un solo dispositivo que podía ejecutar ambas acciones, una modificación que intentó mantener la consistencia en todas las condiciones. Finalmente, ningún participante recibió ningún pago monetario. Estos cambios podrían considerarse menores y, consecuentemente, la predicción en relación a los efectos es la misma; que la ejecución de una acción motora congruente con acciones motoras típicamente asociadas a palabras previamente estudiadas mejorará el reconocimiento de estas palabras en pruebas de memorias posteriores. La hipótesis principal del estudio fue que las

palabras de objetos que fueron congruentes con el movimiento realizado durante la consolidación se recordarían mejor. Si se confirmaran estos resultados, podrían interpretarse como un fortalecimiento de la huella de memoria, y por tanto el recuerdo, debida a la activación automática de la acción asociada a las palabras y su posterior reactivación durante el reconocimiento.

### *Método*

*Participantes.* En este experimento participaron de forma voluntaria 30 estudiantes universitarios de Psicología de la Universidad de Salamanca. La información de dos participantes que no siguieron las instrucciones correctas fue eliminada<sup>1</sup>. La muestra final incluyó 28 participantes, 18 mujeres y 10 varones, con un rango de edad entre 19 años y 31 años ( $M = 23.4$ ). El tamaño de la muestra fue establecido a priori para ser similar, pero no inferior, a la muestra utilizada en el experimento original (20 participantes).

*Materiales.* Un conjunto de 75 palabras, de las cuales 50 fueron seleccionadas del normativo descrito con anterioridad y las otras 25 sacadas del estudio original de van Dam (2013) (Véase Anexo A para una lista completa del conjunto de palabras). Se seleccionaron las 25 palabras con mayor frecuencia como las mejor asociadas con objetos que denotan las acciones seleccionadas, de girar y presionar. Estas palabras relacionadas con la acción tuvieron valores similares de frecuencia escrita, número de letras y número de sílabas, conforme a los índices obtenidos de EsPal, una base de datos léxica en español muy utilizada (Duchon, Perea, Sebastián-Gallés, Martí, & Carreiras, 2013). Un conjunto adicional de 25 palabras neutrales (e.g., antena) fueron traducciones directas o sinónimos en español de las

---

<sup>1</sup> La información de los dos participantes fue eliminada debido a que interrumpieron en diversas ocasiones el experimento para buscar objetos en su bolso o atender el teléfono móvil.

palabras neutras utilizadas en el estudio de van Dam y colaboradores (2013) o palabras neutras con frecuencia similar en castellano.

*Procedimiento.* El experimento se llevó a cabo en un laboratorio silencioso, en una sesión individual con una duración de 40 minutos en total. La sesión experimental fue controlada usando E-Prime 2.0 (Psychology Software Tools, Inc., 2012) y constó de tres fases consecutivas, sin pausas entre cada una. Primero, los participantes rellenaron un formulario con sus datos demográficos y firmaron su consentimiento para participar voluntariamente en el estudio. Posteriormente, siguiendo el mismo procedimiento usado por van Dam y colaboradores (2013), los participantes fueron instruidos (*fase de estudio*) a memorizar una lista de 45 palabras, 15 seleccionadas al azar de la lista de palabras asociadas con el movimiento de girar, 15 seleccionadas al azar del grupo de palabras asociadas con el movimiento de presionar, y 15 seleccionadas al azar del conjunto de palabras neutras, no asociadas a ninguna acción. El orden de presentación de los ítems de la lista siempre fue aleatorio. Cada palabra se presentó centrada en la pantalla del ordenador durante 7 segundos, precedida una marca de fijación de 500 milisegundos. Inmediatamente después (*fase de retención*), los participantes realizaron una tarea go/no-go numérica que consistía en decidir si un dígito que aparecía en la pantalla por un máximo de 2 segundos, representaba un número mayor o menor que cinco.

Para responder a cada ensayo go/ no-go, los participantes tenían que colocar su mano dominante en un dispositivo cilíndrico (*Griffin PowerMate 3D*, Griffin Technology, Corona, CA) que permitía realizar los movimientos manuales de presionar y los movimientos de rotación de la mano (girar). Si el número que aparecía en la pantalla era menor que cinco, la mitad de los participantes tenía que girar el dispositivo y la otra mitad tenía que presionarlo para emitir la respuesta. Por lo contrario, si el número era mayor que cinco, ninguno de los dos grupos realizaría ninguna acción. Esta fase tuvo una duración aproximada de ocho

minutos y finalmente fue seguida de una tarea de reconocimiento (*fase de prueba*). Los materiales presentados consistieron en 75 palabras, de las cuales 45 palabras habían sido presentadas durante la fase de estudio (15 de cada uno de los tres grupos de palabras: presionar, girar y neutras), y 30 eran palabras nuevas, no estudiadas, que actuaban como distractores en la prueba de reconocimiento (las 10 palabras no presentadas de cada grupo de palabras). Cada palabra fue presentada en orden aleatorio, en el centro de la pantalla durante 3 segundos, y la tarea de los participantes fue reconocer si las palabras se habían presentado con anterioridad en la fase de estudio o si eran nuevas, mediante una respuesta de pulsar la tecla SI/NO.

*Diseño.* Se utilizó un diseño factorial mixto (2 x 2 x 3), con nivel de procesamiento (superficial vs profundo), y acción motora durante la retención (girar o presionar) como factor entre-sujeto, y la congruencia de la palabra-acción (congruentes, incongruentes y neutras) como factor intra-sujeto.

### *Resultados y discusión*

Los análisis y los resultados reportados siguieron la misma estrategia usada en el estudio de referencia. Las puntuaciones medias de aciertos (i.e., responder “sí” a una palabra de objeto presentada anteriormente) y las puntuaciones medias de falsas alarmas (i.e., responder “sí” a palabras de objetos presentados por primera vez) en la tarea de reconocimiento se presentan en la Tabla 5. Las medidas de sensibilidad de la fuerza de la memoria, calculada por las puntuaciones  $d'$  (ver MacMillan & Creelman, 1991) por cada condición y cada participante (véase figura 8) fueron sometidos a un análisis de varianza ANOVA mixto de medidas repetidas de dos vías. Los resultados de este análisis no mostraron ningún efecto de la acción, [ $F(1, 26) = 0.45$ ;  $MSe = 1.65$ ;  $p = .62$ ;  $\eta_p^2 = .01$ ], de congruencia,

[ $F(2, 52) = 0.45$ ;  $MSe = .36$ ;  $p = .64$ ;  $\eta_p^2 = .02$ ] o interacción [ $F(2, 52) = 0.45$ ;  $MSe = .36$ ;  $p = .64$ ;  $\eta_p^2 = .02$ ].

Asimismo, los resultados del ANOVA mixto de dos vías efectuado con la información del tiempo de respuesta de los aciertos no mostró efectos significativos de la acción, [ $F(1, 26) = 0.93$ ;  $MSe = 158,075$ ;  $p = .34$ ;  $\eta_p^2 = .04$ ], de congruencia, [ $F(2, 52) = 0.25$ ;  $MSe = 20,505$ ;  $p = .78$ ;  $\eta_p^2 = .009$ ] o interacción [ $F(2, 52) = 0.92$ ;  $MSe = 20,505$ ;  $p = .91$ ;  $\eta_p^2 = .004$ ].

Tabla 5. Puntuación media de aciertos, falsas alarmas y valores  $d'$  en el reconocimiento de ítem en Experimento 1. Las desviaciones estándar aparecen entre paréntesis.

Congruencia	Presionar			Girar		
	Aciertos	Falsas Alarmas	$d'$	Aciertos	Falsas Alarmas	$d'$
Congruente	.78 (.04)	.15 (.03)	1.97 (.21)	.76 (.05)	.09 (.03)	2.25 (.21)
Neutral	.79 (.05)	.16 (.03)	2.03 (.28)	.68 (.06)	.09 (.03)	2.01 (.26)
Incongruente	.80 (.05)	.21 (.03)	1.87 (.21)	.78 (.05)	.14 (.03)	2.05 (.25)

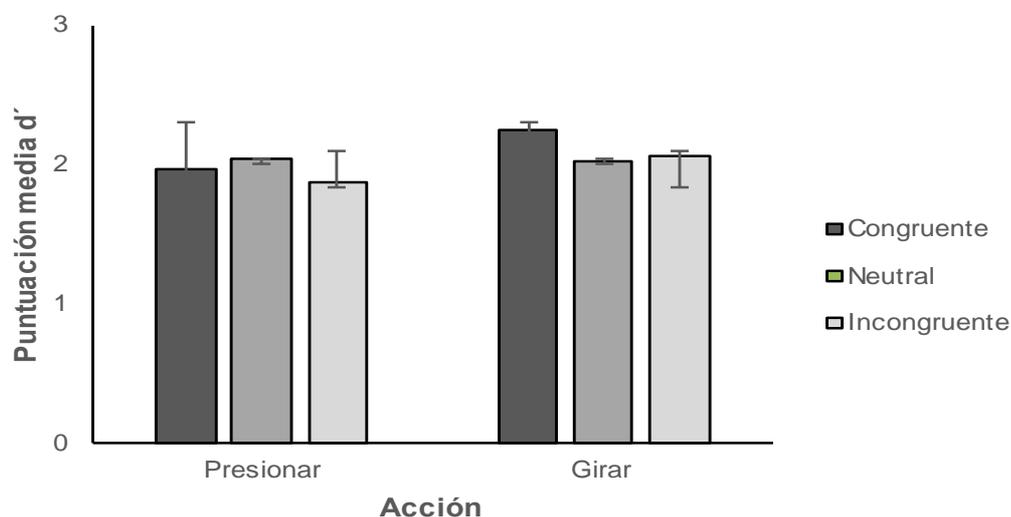


Figura 8. Puntuación media de puntuación  $d'$  para las palabras congruentes, neutrales e incongruentes en las condiciones de presionar y girar del experimento 1. Las barras representan la desviación estándar.

En resumen, los análisis no mostraron que las palabras que denotaban objetos para los que el uso funcional era congruente con la acción realizada durante el intervalo de retención fueran reconocidas mejor que las palabras que denotaban objetos para las cuales el uso funcional era incongruente. Los resultados negativos obtenidos demuestran que la acción realizada durante la consolidación no favorece la memoria para palabras que denotan objetos cuyo uso funcional es congruente con dicha acción, lo que sugiere que las acciones no se activan automáticamente durante la presentación de palabras de objetos. En general, los resultados indican una clara evidencia de la ausencia de los efectos esperados de mejoría en el post-aprendizaje de las acciones que eran congruentes con las acciones asociadas a las palabras estudiadas.

## **Experimento 2. EFECTO DEL NIVEL DE PROCESAMIENTO Y LA ACCIÓN EN LA CONSOLIDACIÓN DE MEMORIA**

El fracaso para replicar el efecto de congruencia observado en el experimento anterior, en el que se intentó replicar con la máxima fidelidad los aspectos metodológicos del estudio de origen, ha conducido a la consideración de una nueva aproximación metodológica, enfocada a potenciar las condiciones experimentales para producirlo y, posteriormente, poder manipularlo con el establecimiento de límites en las condiciones de aparición. Bajo este razonamiento, con el fin de que el efecto investigado pueda manifestarse, parece razonable optar por optimizar las condiciones experimentales de las diferentes fases del experimento (estudio, retención, prueba). Dos asunciones en el estudio de van Dam y colaboradores (2013) son que (1) los códigos motores son un componente importante en la formación de representaciones de palabras relacionadas con la acción, y (2) que la reactivación de los códigos motores post-aprendizaje, mediante la ejecución de movimientos manuales, fortalecen la memoria episódica de las representaciones de palabras de acción. Por lo tanto, considerando la primera asunción, un paso que podría tomarse es asegurar que las condiciones experimentales son lo más adecuadas posibles para que las representaciones que incluyen información motora se formen al momento de presentación de las palabras durante la fase de estudio.

Existe evidencia neuronal y comportamental que indica que ciertas tareas de procesamiento de palabras provocan la activación de áreas cerebrales sensoriales y motoras. Por ejemplo, Kellenbach, Brett y Patterson (2003) en un estudio con TEP estudiaron la activación cerebral en participantes mientras realizaban una tarea de juicio acerca de las acciones y funciones asociadas con objetos manipulables y no manipulables. Se observó

mayor activación en la corteza premotora ventral izquierda y el giro temporal medio posterior izquierdo en los juicios de los objetos manipulables, independientemente de las demandas de la tarea, lo que sugiere que estas regiones cerebrales subyacen a la activación automática de la acción y de características motoras en las representaciones de los objetos. Se ha demostrado también que la memoria de objetos manipulables es mejor que la memoria de objetos no manipulables (Madan & Singhal, 2012). Sin embargo, existe evidencia que sugiere que el grado de inclusión de las propiedades motoras en la memoria episódica depende de las condiciones de la codificación. Un ejemplo es el estudio de Madan (2014) que encontró que el esfuerzo intencional para formar asociaciones entre pares de palabras durante su estudio producía peor recuerdo para aquellos pares que incluían palabras de objetos manipulables. El autor sugirió que los procesos controlados que ocurren cuando se establecen nuevas asociaciones entre las palabras interfirió con el procesamiento automático de características sensorio-motoras. En suma, aunque pareciera razonable asumir que los códigos motores son parte de las representaciones de palabras asociadas a la acción, el grado de implicación podrá depender de otros aspectos como la utilización de determinadas estrategias de codificación de los participantes. Este punto es de suma importancia en el contexto de los resultados negativos del experimento anterior, ya que en experimento 1 los participantes fueron instruidos para memorizar las palabras, pudiendo utilizar cualquier estrategia de procesamiento durante su estudio. Por lo que una posibilidad de los resultados negativos podría ser el uso de estrategias de memorización durante la codificación, al menos de algunos participantes.

Con el fin de controlar las condiciones de codificación y de comprobar esta hipótesis, en el presente experimento se manipuló el tipo de procesamiento utilizado durante la codificación de las palabras asociadas a la acción, mediante una tarea de aprendizaje incidental. El diseño experimental se basó en el utilizado por Madan y Singhal (2012)

mediante condiciones de procesamiento con diferentes niveles de profundidad, orientadas a que los participantes codifiquen las palabras incidentalmente a un nivel profundo o superficial. Las predicciones son que la codificación a un nivel superficial (menos orientado estratégicamente) podría permitir la formación de representaciones con contenido motor de las palabras asociadas a la acción, y que por lo tanto estas representaciones se reforzarán por la acción motora congruente ejecutada durante el periodo de retención.

### *Método*

*Participantes.* Un total de 44 estudiantes universitarios de la Universidad de Salamanca, 37 mujeres y 7 varones, con un rango de edad entre 17 años y 22 años ( $M = 18.5$  años), participaron de forma voluntaria a cambio de créditos escolares.

*Materiales, procedimiento.* Los materiales fueron los mismos que los utilizados en el Experimento 1. El procedimiento general fue también similar al utilizado en el Experimento 1, excepto por la condición bajo la cual los participantes procesaban las palabras durante la fase de estudio del experimento. Debido a que el aprendizaje era incidental, los participantes fueron instruidos para leer palabras y responder una pregunta acerca de dicha palabra. Cada palabra se presentaba durante siete segundos. En la condición de procesamiento profundo, los participantes tenían que decidir si la función del objeto al que la palabra hacía referencia podría ser realizada con las manos o no. En la condición superficial, tenían que decidir si el número de letras era un número par o no. En ambos casos, los participantes tenían que contestar presionando una tecla etiquetada de SI y NO en el teclado. Los participantes no fueron informados de la prueba de memoria posterior. El procedimiento tanto de la fase de retención como de la prueba de reconocimiento fue exactamente igual que el utilizado en el Experimento 1.

*Diseño.* Se utilizó un diseño factorial mixto ( $2 \times 2 \times 3$ ), con nivel de procesamiento (superficial vs profundo), y acción motora durante la retención (girar o presionar) como

factor entre-sujeto, y la congruencia de la palabra-acción (congruentes, incongruentes y neutras) como factor intra-sujeto.

### *Resultados y discusión*

Los análisis y los resultados reportados siguieron la misma estrategia usada en el estudio de referencia. Las puntuaciones medias de aciertos (i.e., responder “sí” a una palabra de objeto presentada anteriormente); de falsas alarmas (i.e., responder “sí” a palabras de objetos presentados por primera vez); y de valores  $d'$  obtenidos en la tarea de reconocimiento se presentan en la Tabla 6.

Las puntuaciones  $d'$  para cada condición y para cada participante (ver figura 9) fueron sometidos a un análisis de varianza ANOVA mixto de medidas repetidas de tres vías, con la profundidad de la codificación y la acción motora como factor entre-sujeto, y la congruencia como factor intra-sujeto. Los resultados de este análisis mostraron un efecto principal del factor de niveles de procesamiento, [ $F(1, 40) = 87.06$ ;  $MSe = 0.80$ ;  $p < .001$ ;  $\eta_p^2 = .69$ ], con la memoria de las palabras codificadas bajo la condición profunda significativamente alta ( $M = 2.49$ ;  $SE = 0.11$ ; 95%  $CI [0.81, 1.26]$ ). La doble interacción entre la profundidad de la codificación y la congruencia [ $F(2, 80) = 2.88$ ;  $MSe = 0.32$ ;  $p = .06$ ;  $\eta_p^2 = .07$ ] y la triple interacción incluyendo la profundidad de la codificación, la congruencia y la acción [ $F(2, 80) = 2.93$ ;  $MSe = 0.32$ ;  $p = .06$ ;  $\eta_p^2 = .07$ ] fueron marginalmente significativas. Se llevaron a cabo análisis ANOVAS separados por cada una de las condiciones de profundidad de procesamiento, para explorar el patrón potencial de interacciones significativas. En la condición de procesamiento profundo, el ANOVA no mostró ningún efecto significativo de acción, [ $F(1, 20) = 0.89$ ;  $MSe = 1.02$ ;  $p = .34$ ;  $\eta_p^2 = .04$ ], pero se encontró un efecto significativo de congruencia, [ $F(2, 40) = 3.61$ ;  $MSe = .24$ ;  $p = .04$ ;  $\eta_p^2 = .15$ ] e interacción

significativa entre la acción y la congruencia [ $F(2, 40) = 4.99$ ;  $MSe = .28$ ;  $p = .01$ ;  $\eta_p^2 = .20$ ]. Las comparaciones post-hoc Tukey mostraron diferencias significativas para el grupo de acción relacionado con la acción de girar ( $M = 2.82$ ;  $SE = 0.21$ ; 95%  $CI [2.39, 3.25]$ ), pero no entre las acciones congruentes e incongruentes. En la condición de procesamiento superficial, el ANOVA no mostró efecto de acción, [ $F(1, 20) = 0.12$ ;  $MSe = 0.58$ ;  $p = .73$ ;  $\eta_p^2 = .006$ ], de congruencia, [ $F(2, 40) = 0.57$ ;  $MSe = .41$ ;  $p = .57$ ;  $\eta_p^2 = .03$ ], o interacción [ $F(2, 40) = 0.24$ ;  $MSe = .41$ ;  $p = .79$ ;  $\eta_p^2 = .01$ ].

Finalmente, un ANOVA de los tiempos de respuestas de los aciertos no mostró efectos significativos del nivel de procesamiento, [ $F(1, 40) = 3.32$ ;  $MSe = 101,130$ ;  $p = .08$ ;  $\eta_p^2 = .08$ ], acción [ $F(1, 40) = 1.24$ ;  $MSe = 101,130$ ;  $p = .27$ ;  $\eta_p^2 = .03$ ], de congruencia, [ $F(2, 80) = 0.002$ ;  $MSe = 20,216.9$ ;  $p = .99$ ;  $\eta_p^2 = .00$ ] ni las interacciones de congruencia con acción, [ $F(2, 80) = 3.01$ ;  $MSe = 20,216.9$ ;  $p = .06$ ;  $\eta_p^2 = .07$ ], o congruencia con nivel de codificación, [ $F(2, 80) = 1.31$ ;  $MSe = 20,216.9$ ;  $p = .28$ ;  $\eta_p^2 = .03$ ], ni entre la congruencia, el nivel de codificación y la acción [ $F(2, 80) = 0.23$ ;  $MSe = 20,216.9$ ;  $p = .80$ ;  $\eta_p^2 = .001$ ]. Los datos de las puntuaciones medias de aciertos, falsas alarmas, y valores  $d'$  por ítems reconocidos en el Experimento 2 se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6. Puntuación media de aciertos, falsas alarmas, y valores  $d'$  por ítems reconocidos en el Experimento 2. Las desviaciones estándar aparecen entre paréntesis.

Nivel Codificación	Congruencia	Presionar			Girar		
		Aciertos	F. Alarmas	$d'$	Aciertos	F. Alarmas	$d'$
Profundo	Congruente	.90 (.03)	.12 (.03)	2.59 (.22)	.90 (.03)	.18 (.05)	2.33 (.13)
	Neutral	.83 (.05)	.06 (.02)	2.58 (.26)	.90 (.03)	.09 (.05)	2.82 (.21)
	Incongruente	.93 (.03)	.14 (.03)	2.65 (.20)	.85 (.03)	.24 (.06)	1.97 (.25)
Superficial	Congruente	.70 (.04)	.33 (.05)	1.04 (.15)	.60 (.05)	.21 (.05)	1.17 (.24)
	Neutral	.57 (.05)	.25 (.06)	0.96 (.17)	.52 (.05)	.23 (.04)	0.88 (.11)
	Incongruente	.62 (.05)	.26 (.05)	1.01 (.27)	.61 (.05)	.22 (.04)	1.16 (.24)

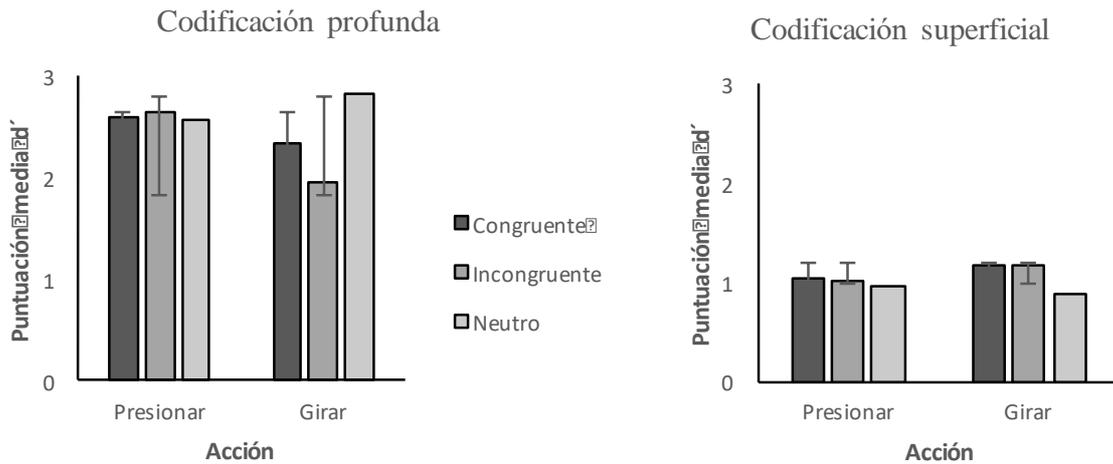


Figura 9. Puntuación media de puntuación  $d'$  para las palabras congruentes, neutras e incongruentes en las condiciones de presionar y girar del experimento 2. Las barras representan la desviación estándar.

En resumen, como muestran los resultados de los análisis realizados, no hay evidencia suficiente de que la ejecución de acciones motoras durante la fase de retención mejora el recuerdo de las palabras que eran asociadas a las acciones realizadas congruentes con aquellas. Y la ausencia de los efectos esperados se han manifestado incluso con el uso del aprendizaje incidental y la inducción de procesamiento superficial (cf., Madan & Singhal, 2012), medidas que se tomaron en cuenta para maximizar la oportunidad de una codificación automática de la información sensorio-motora cuando se procesaron las palabras en la fase de estudio.

### **Experimento 3. EFECTO DEL NIVEL DE PROCESAMIENTO Y LA DESTREZA MOTORA EN LA CONSOLIDACIÓN DE MEMORIA**

La ausencia del efecto de congruencia observada en el experimento anterior, en el que se intentó potenciar la codificación de información motora de las representaciones de las palabras mediante la manipulación de la profundidad del procesamiento, condujo a buscar otras soluciones para optimizar la codificación motora de las palabras, explorándose el papel desempeñado por una variable relativa a las propias características de los participantes, su destreza motora fina. En este sentido, existe evidencia comportamental que indica que la experiencia es un factor importante en procesos cognitivos como la memoria o el aprendizaje (James & Gauthier, 2003; Kellenbach et al., 2003; Noppeney et al., 2006; Weisberg et al., 2007). Así, las personas que tienen mayor destreza motora, como los deportistas, podrían tener representaciones motoras distintas. Por ejemplo, Pezzulo y colaboradores (2010), en un estudio realizado con alpinistas expertos y no expertos que memorizaron distintas rutas para escalar con distinto nivel de dificultad, se observó mejor recuerdo para expertos que para los principiantes en las rutas difíciles, pero no para las fáciles e imposibles, lo que indica que el observar un estímulo (en este caso el muro) activa la simulación motora que depende de la competencia motora más que de las características perceptivas. Esta evidencia sugiere que la capacidad para memorizar y para representar una simulación motora podrían estar moduladas por la experiencia y destreza motora. En suma, aunque pareciera razonable asumir que la activación de las representaciones motoras asociadas a las palabras es automática, el grado de implicación de las características motoras podría depender de otros aspectos como la experiencia motora. Este punto es de suma importancia en el contexto de los resultados

del experimento anterior, ya que algunos participantes pudieran tener más destreza manual que otros, y por lo tanto verse más favorecidos por la activación motora.

Por ello, el objetivo del presente experimento fue estudiar el efecto de la acción en personas con destreza manual fina. En concreto, se realizó una réplica exacta del diseño experimental utilizado en el estudio anterior para disponer de condiciones de codificación profunda y superficial del material de estudio. El nivel de experiencia motora fue determinado por la selección de los participantes en base a su experiencia motora profesional. Se incluyeron participantes con un nivel alto de destreza manual y participantes con un nivel normal de destreza manual, con el fin de observar si había un mayor efecto de congruencia cuando las personas tienen un entrenamiento motor más desarrollado y, por tanto, una capacidad de representación motora más enriquecida. Las predicciones son que las personas con destrezas manuales presentarán un mayor efecto de congruencia debido a que disponen de representaciones motoras sustentadas en representaciones más ricas. Y, como en el experimento anterior, se plantea que esto sería más fácil de observar en la condición de codificación superficial, siguiendo los resultados obtenidos por Madan y Singhal (2012).

### *Método*

*Participantes.* Participaron 77 estudiantes universitarios de la Universidad de Guadalajara, México. La información de cinco participantes que no siguieron las instrucciones correctas fue eliminada<sup>2</sup>. La muestra final incluyó 72 participantes, 48 mujeres y 24 hombres, con un rango de edad entre 19 años y 37 años ( $M = 24.15$  años,  $SD = 4.54$ ). Los participantes a su vez se dividieron en dos grupos en relación a su nivel de destreza

---

<sup>2</sup> Los participantes que fueron eliminados debido a que interrumpieron la sesión para revisar la hora o para preguntar acerca del experimento, el objetivo final.

manual: 1) el grupo de no expertos incluyó 34 estudiantes de la Licenciatura de Psicología, 12 hombres y 22 mujeres, con una edad promedio de 22.35 años ( $SD = 3.01$ ); y 2) el grupo de expertos fueron 38 estudiantes de la Licenciatura de Odontología, 12 hombres, y 26 mujeres, con edad promedio de 25.76 años ( $SD = 5.08$ ). Los participantes de odontología habían cursado al menos la mitad del grado, lo cual aseguró un nivel alto de destreza manual. Participaron de forma voluntaria a cambio de créditos escolares.

En este experimento se consideraron dos perfiles de estudiantes para el estudio con distinto nivel de destreza manual alta y baja. Para el grupo de destreza manual alta se seleccionaron estudiantes de la carrera de Odontología del cuarto año de licenciatura que ya habían cursado un mínimo del 75% del grado. Para asegurar que el grupo de expertos presentaban una destreza manual desarrollada, los estudiantes tenían que haber cursado un total de tres cursos anuales de prácticas clínica odontológica con pacientes. Los estudiantes de cuarto curso desarrollan destrezas manuales especializadas para obturar o extraer piezas dentales entre otras. De acuerdo con Delgado – Pilojo (2016) la práctica de la profesión odontológica requiere el dominio de capacidades motrices, en especial la psicomotricidad fina ya que implica realizar movimientos pequeños con dedos, manos y muñecas que involucran el dominio de músculos pequeños. En el cuarto grado del grado de Odontología los estudiantes han cursado un total de tres años y han adquirido una destreza manual especializada. Para el grupo de destreza manual normal se consideraron estudiantes del grado de Psicología por ser una población que no requiere tener una destreza manual especialmente entrenada.

*Materiales, procedimiento y diseño.* Los materiales fueron los mismos que los utilizados en el Experimento 2, a excepción de dos palabras que fueron sustituida por un sinónimo por ser dos palabras más utilizadas en el español mexicano (banqueta por bordillo,

y pizarra por pizarrón). El diseño y el procedimiento general fue también igual al utilizado en el Experimento 2.

### *Resultados y discusión*

Los análisis y los resultados reportados siguieron la misma estrategia usada en los estudios anteriores. Así, las puntuaciones  $d'$  fueron sometidas a un análisis de varianza ANOVA mixto de medidas repetidas de tres vías, con el nivel de procesamiento de la codificación y el nivel de destreza (destreza manual alta y baja) como factor entre-sujeto, y la congruencia como factor intra-sujeto. Las puntuaciones medias de aciertos, de falsas alarmas y  $d'$  en la tarea de reconocimiento se presentan en la Tabla 7. Los resultados del análisis de puntuaciones  $d'$  no mostraron ningún efecto principal de congruencia [ $F(2, 70) = .71$ ;  $MSe = .18$ ;  $p = .49$ ;  $\eta_p^2 = .01$ ]. La doble interacción entre la destreza manual y la congruencia [ $F(2, 140) = 2.01$ ;  $MSe = .52$ ;  $p = .14$ ;  $\eta_p^2 = .03$ ], la doble interacción entre el nivel de procesamiento y la congruencia [ $F(2, 140) = .67$ ;  $MSe = .17$ ;  $p = .51$ ;  $\eta_p^2 = .009$ ] y la triple interacción incluyendo la destreza manual, congruencia y nivel de procesamiento [ $F(2, 70) = .79$ ;  $MSe = .20$ ;  $p = .46$ ;  $\eta_p^2 = .01$ ] no fue significativa (véase figura 10).

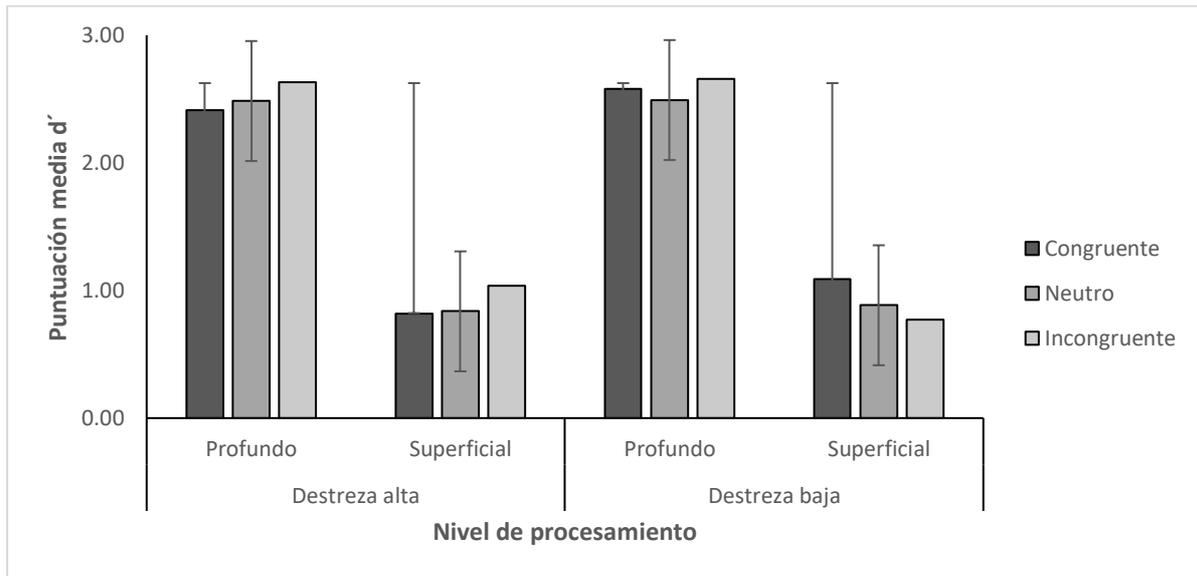


Figura 10. Puntuación media de puntuación  $d'$  para las palabras congruentes, neutrales e incongruentes en función del nivel de destreza manual del experimento 3 y del tipo de codificación (profunda y superficial). Las barras de error representan la desviación estándar.

Tabla 7. Puntuación media de aciertos, falsas alarmas, y valores  $d'$  por ítems reconocidos en el Experimento 3 considerando el nivel de destreza manual (alta y baja) así como el nivel de procesamiento durante la codificación. Las desviaciones estándar aparecen entre paréntesis.

Nivel Codificación	Congruencia	Destreza alta			Destreza baja		
		Aciertos	F. Alarmas	$d'$	Aciertos	F. Alarmas	$d'$
Profundo	Congruente	0.93 (.08)	0.19 (.12)	2.41 (0.54)	0.90 (.11)	0.11 (.11)	2.58 (0.62)
	Neutral	0.91 (.10)	0.15 (.13)	2.48 (0.62)	0.89 (.09)	0.12 (.12)	2.49 (0.71)
	Incongruente	0.95 (.06)	0.15 (.09)	2.63 (0.48)	0.95 (.06)	0.15 (.16)	2.66 (0.64)
Superficial	Congruente	0.63 (.14)	0.35 (.20)	0.82 (0.70)	0.60 (.16)	0.23 (.16)	1.09 (0.70)
	Neutral	0.55 (.16)	0.26 (.17)	0.84 (0.50)	0.55 (.12)	0.26 (.19)	0.88 (0.55)
	Incongruente	0.67 (.15)	0.31 (.21)	1.04 (0.70)	0.57 (.23)	0.32 (.19)	0.77 (0.70)

En segundo lugar, al no encontrarse ninguna diferencia en función del nivel de destreza, se realizó un análisis con todos los participantes sin tener en cuenta esa variable en el diseño. Las puntuaciones  $d'$  para cada condición y para cada participante (véase figura 11) fueron sometidos a un análisis de varianza ANOVA mixto de medidas repetidas de tres vías, con la profundidad de la codificación y la acción motora como factor entre-sujeto, y la congruencia como factor intra-sujeto. Los resultados de este análisis mostraron un efecto

principal del factor de niveles de procesamiento, [ $F(2, 70) = .23$ ;  $MSe = 143.29$ ;  $p = 0.00$ ;  $\eta_p^2 = .77$ ], con mayor reconocimiento de las palabras codificadas bajo la condición profunda significativamente alta ( $M = 2.54$ ;  $SE=0.59$ ; 95%  $CI [2.39, 2.69]$ ) en comparación con la condición superficial ( $M = .91$ ;  $SE=0.77$ ; 95%  $CI [.75, 1.07]$ ). La doble interacción entre la profundidad de la codificación y la congruencia [ $F(2, 140) = .63$ ;  $MSe = .157$ ;  $p = .54$ ;  $\eta_p^2 = .009$ ] no fue significativa, y la triple interacción incluyendo la profundidad de la codificación (superficial o profunda), congruencia (congruente, incongruente o neutra) y tipo de acción realizada durante la consolidación (girar o presionar) [ $F(2, 140) = 3.01$ ;  $MSe = .75$ ;  $p = .052$ ;  $\eta_p^2 = .04$ ] fue marginalmente significativa.

El ANOVA de los tiempos de reacción de los aciertos no mostró efectos significativos del nivel de procesamiento [ $F(1, 70) = .001$ ;  $MSe = 67.35$ ;  $p = .98$ ;  $\eta_p^2 = .00$ ], acción, [ $F(1, 70) = 1.55$ ;  $MSe = 155125.6$ ;  $p = .22$ ;  $\eta_p^2 = .02$ ], congruencia, [ $F(2, 140) = .38$ ;  $MSe = 6193.36$ ;  $p = .69$ ;  $\eta_p^2 = .006$ ], ni las interacciones de congruencia con acción, [ $F(2, 140) = 2.16$ ;  $MSe = 35567.4$ ;  $p = .119$ ;  $\eta_p^2 = .03$ ], o congruencia con profundidad de procesamiento [ $F(2, 140) = .98$ ;  $MSe = 16171.4$ ;  $p = .38$ ;  $\eta_p^2 = .01$ ], ni entre la congruencia, el nivel de codificación y la acción [ $F(2, 140) = .28$ ;  $MSe = 455.46$ ;  $p = .97$ ;  $\eta_p^2 = .00$ ].

En resumen, en función de los diversos análisis descritos, no hay evidencia de que la ejecución de acciones motoras durante la fase de retención mejora el recuerdo de las palabras que eran asociadas a las acciones que eran congruentes con aquellas realizadas. Y la ausencia de los efectos esperados se han manifestado incluso con el uso del aprendizaje incidental y la inducción de procesamiento superficial (cf., Madan & Shengal, 2012), incluso tomando en cuenta algunas medidas para maximizar la oportunidad de una codificación automática de la información sensorio-motora cuando se procesaron las palabras en la fase de estudio o cuando se testean los efectos en personas que supuestamente han desarrollado sistemas de

representación motora fina para acciones realizadas con las manos. Todo ello sugiere que la acción no mejora el reconocimiento de palabras relacionadas con la acción en personas con mayor destreza manual. De esto se podría deducir que la destreza manual no es un factor que favorezca la observación del efecto de congruencia motora o no bajo las condiciones testeadas en este experimento.

## **Experimento 4. EFECTO DE LA ACCIÓN MOTORA EN LA CONSOLIDACIÓN DE MEMORIA DE VÍDEOS E IMÁGENES DE PALABRAS DE ACCIÓN.**

El fracaso para replicar el efecto de congruencia en los experimentos anteriores, en los que se intentó potenciar el efecto de congruencia manipulando la profundidad del procesamiento, motivó un nuevo enfoque para promover la activación de la información motora durante la codificación. Así, con el fin de que el efecto de congruencia pudiera observarse, parece razonable optar por primar la simulación del movimiento específico antes de la presentación de la palabra con el fin de incrementar la probabilidad de activación de los códigos motores que posteriormente se intentan reactivar. En los experimentos anteriores se ha asumido que la lectura de las palabras activaría la información motora de manera automática, y que la simulación de la acción típica asociada a las palabras se correspondería principalmente con una acción concreta, ya sea de girar o presionar. Sin embargo, el uso principal asociado a un objeto podría relacionarse también con otros movimientos. Cada objeto puede evocar acciones, formas de interacción y movimientos muy heterogéneos (e.g., un teléfono se asocia a la acción de pulsar, sujetar, hablar, etc.), por lo que el patrón motor asociado a una palabra es muy variado y por tanto cada objeto puede tener diversas representaciones motoras.

Asimismo, cada uno de los modelos de un mismo objeto evoca movimientos completamente distintos. Por ejemplo, una “tapa” podría relacionarse con la acción de girar, y con la de presionar o doblar en función del modelo utilizado (de rosca o de presión). Este aspecto es de suma importancia en vista de los resultados negativos obtenidos en los experimentos anteriores, en donde la presentación de palabras aisladas podría haber

dificultado la activación específica de los códigos motores relacionados con la acción de girar y presionar. Por lo tanto, considerando estas cuestiones, una modificación lógica del paradigma sería intentar introducir algún elemento que asegure que la relación entre la palabra y la acción ejecutada sea lo menos ambigua posible. Si la presentación de información adicional facilita la activación de la acción motora que se intenta reactivar, entonces, tal vez, sería posible obtener indicios de un efecto de congruencia. Por ello, en este experimento se intentará potenciar esta activación con la presentación de imágenes de los objetos acompañada de la palabra.

Existe evidencia comportamental que demuestra que la disposición motora y la ejecución de la acción favorece la memoria de objetos manipulables, exhibiendo efectos de congruencia, ejecución, similitud o interferencia motora (Apel, Cangelosi, Ellis, Goslin, & Fischer, 2012; Downing-Doucet & Guérard, 2014; Engelkamp & Krumnacker, 1890; Lagacé & Guérard, 2015; Pezzulo et al., 2010). Estos resultados van en línea con las teorías del reconocimiento de la acción (hipótesis de las neuronas espejo) que muestran la misma activación neuronal durante la ejecución de la acción y cuando se observa a otro realizar una acción, sugieren que el rol de la acción en las representaciones mentales es fundamental (Rizzolatti & Craighero, 2004). Sin embargo, existe evidencia que sugiere que el efecto de la acción en la memoria a corto plazo puede depender del énfasis previo de la acción durante el procesamiento, esto es, dirigir la atención hacia la información motora asociada a los estímulos (Zeelenberg & Pecher, 2016). Lagacé y Guérard (2015) han presentado vídeos de movimientos de la mano durante la fase de estudio previamente a la presentación de cada objeto, mientras se imitaba la acción observada en el video. La acción mostrada en el vídeo era congruente o incongruente a la relacionada con las palabras de objetos relacionados con diferentes tipos de agarre. Los resultados en una

prueba de orden serial mostraron que las palabras congruentes con la ejecución se recordaron mejor, lo que sugiere que la disposición motora favorece la memoria a corto plazo. Los autores sugirieron que los estudios que han demostrado que la disposición motora favorece la memoria a corto plazo, han enfatizado la acción mediante la presentación de vídeos de movimientos de la mano durante la fase de estudio previamente a la presentación de cada estímulo (Downing-Doucet & Guérard, 2014; Lagacé & Guérard, 2015). En suma, aunque pareciera razonable asumir que la presentación de palabras de acción activa automáticamente la información motora relacionada, el grado de implicación podrá depender de aspectos relacionados con la enfatización de la acción durante la consolidación. Por lo tanto, el paso siguiente que podría tomarse, en relación al énfasis de la acción, es presentar previamente vídeos que primen movimientos específicos (de girar o presionar), con el fin de que la activación motora durante la fase de codificación (la acción asociada a la palabra sea exclusivamente la de presionar o la de girar), se corresponda lo más adecuadamente posible con la acción ejecutada durante el intervalo de retención.

Con el fin de enfatizar la acción durante la fase de consolidación, en el presente experimento se modificó el paradigma presentándose vídeos previos que muestran movimientos específicos de girar y presionar. Una parte del diseño experimental se basó en el utilizado por Lagacé y Guérard (2015) en el que utilizaron palabras junto con la presentación previa de vídeos que mostraban movimientos específicos orientados a que los participantes asociaran los códigos motores con la acción asociada al objeto presentado. Las predicciones son que la ejecución de una acción motora congruente con acciones motoras típicamente asociada a palabras previamente estudiadas, mejorará el reconocimiento de estas palabras en pruebas de memoria posteriores, y que por lo tanto

los recuerdos de las palabras de acción se reforzarán por la posterior ejecución de una acción motora congruente.

### *Método*

*Participantes.* Un total de 48 estudiantes universitarios de la Universidad de Salamanca, 47 mujeres y 1 varón, con un rango de edad entre 18 años y 32 años ( $M = 20.08$  años), participaron de forma voluntaria a cambio de créditos escolares.

*Diseño.* Se realizó un diseño factorial mixto 2 (Tipo de acción: girar o presionar) x 3 (Tipo de palabras: congruentes, incongruentes o neutras). La variable independiente intrasujeto fue el tipo de acción realizada durante la fase de retención (girar o presionar) y como variable dependiente se estableció el tipo de palabras recordadas según su condición de congruencia (congruentes incongruentes o neutras).

*Materiales.* Los materiales experimentales utilizados en este experimento fueron 75 videos y palabras de objetos (Palabras Objeto) y que se correspondían a tres condiciones: (a) palabras de objetos que tienen el uso principal asociado a la acción de presionar; (b) palabras de objetos con un uso asociado a la acción de girar; y (c) palabras de objetos neutros, que tenían asociada un movimiento manual diferente a presionar, sin asociación con girar ni presionar, por ejemplo, la palabra *martillo* está asociado a la acción de golpear. A diferencia del experimento 1 se utilizaron palabras neutras (no manipulables) como “antena” y en este experimento se sustituyeron esas palabras por otras que pudieran ser manipulables pero que no se relacionaran con la acción de girar ni presionar como “cigarrillo” que se asocia más a una acción de sujetar. Así, las palabras se asociaron con movimientos típicos asociados a la acción de girar (una mano girando una tapadera), presionar (una mano que presionaba las teclas de una calculadora) y palabras neutras no asociadas a un movimiento típico, sino a distintos. Aunque las palabras neutras se vincularon con una acción, esta no se asociaba al

movimiento de presionar o girar, sino que mostraban acciones como tocar, sostener, golpear, agarrar. Es por ello que cuando hablamos de palabras neutras en este experimento nos referimos a palabras asociadas a movimientos no asociados con presionar ni girar.

Se utilizaron videos de acciones manuales realizadas con objetos que implicaban los diferentes tipos de movimientos. Cada video tenía una duración de cuatro segundos y se mostraba el movimiento canónico asociado a su utilización. En cada video se podía observar un objeto siendo utilizado manualmente. Se mostraron tres tipos de videos asociados con el tipo de acción de girar, presionar o neutro.

Las palabras utilizadas en el experimento se muestran en el Anexo 5. Se seleccionaron las palabras con mayor frecuencia y se formaron tres listas de palabras que tuvieran valores similares conforme a los índices obtenidos base de datos léxica en español EsPAL (2013) (Véase la Tabla 9).

Tabla 8. Medias en distintos índices psicolingüísticos objetivos y subjetivos en función del tipo de palabra en el experimento 4.

	Presionar	Girar	Neutras
Log_frq	.55 (.48)	.33 (.33)	.66 (4.6)
Longitud (No. Letras)	8 (2.77)	8.08 (2.48)	6.44 (1.36)

Con el fin de garantizar que en todas las condiciones las palabras tenían valores similares se llevó a cabo análisis estadísticos. En este sentido, la prueba ANOVA reveló la ausencia de diferencias significativas ( $F < 1$ ) entre los índices de (a) logaritmo de la frecuencia por millón, (b) longitud.

*Procedimiento.* El experimento se desarrolló en una sesión con una duración de 40 minutos en total. La sesión experimental constó de tres fases consecutivas, sin pausas entre cada una. La aplicación fue individual y antes de comenzar el experimento se tomaron los datos demográficos de los sujetos. El experimento fue presentado de forma electrónica en un

ordenador utilizando el programa informático [E-Prime 2.0] (Psychology Software Tools, Pittsburgh, PA).

En la primera fase, la de codificación, se instruyó a los participantes para que recordasen palabras de objetos y observasen varios videos que reproducían el objeto siendo utilizado. Las palabras presentadas se asociaron a 3 tipos de movimiento: (1) Palabras asociadas con el movimiento de presionar; (2) Palabras asociadas el movimiento de girar; y (3) Palabras relacionadas con otras acciones que no eran presionar y girar.

Después de la presentación de cada palabra se mostraba un video del mismo objeto siendo utilizado. La tarea de los participantes consistía en observar las palabras de objetos que aparecían en la pantalla y que fijaran su atención en el movimiento presentado en el video para que puntuaran del 0 al 5 si la utilización del objeto se correspondía con la forma como lo usaría normalmente. El valor de 0 significaba que no utilizaría el objeto de la misma forma y 5 indicaría que utilizaría el objeto de la misma forma a como se mostraba en el video. Por ejemplo, si después de la presentación de la palabra piano aparecía un video de una persona tocando el piano con los codos, la respuesta sería de 0, porque no es la forma típica de utilización del objeto. Se presentaron 45 palabras en la fase de estudio, 15 palabras de cada una de las tres condiciones de congruencia (congruente, incongruente y neutro). Cada palabra se presentó centrada en la pantalla del ordenador durante 7 segundos seguida de una marca de fijación de 500 ms. El orden de presentación de los ítems siempre fue aleatorio.

Posteriormente, durante la fase de retención, los participantes tenían que realizar la acción de presionar o girar un botón en función de un número que se les mostraba en una pantalla como respuesta a la tarea go/no-go. Si el número que aparecía en la pantalla era menor que cinco, la mitad de los participantes tenía que apretar el botón y la otra mitad tenía que presionarlo. Por lo contrario, si el número era mayor que cinco, ninguno de los dos grupos realizaría ninguna acción. Para realizar la acción, colocaron la mano dominante sobre un dispositivo

(Griffin PowerMate) colocado frente a ellos y que permitía ser utilizado mediante una acción de giro o una acción de pulsado. Se presentaron los números del 1 al 9, exceptuando el 5, en la pantalla del ordenador seguidos de una marca de fijación de 500 ms entre cada número. Los números se presentaban por una duración máxima de 200 ms o cuando el participante emitía una respuesta. Esta fase tuvo una duración aproximada de ocho minutos.

Inmediatamente después los participantes realizaron una prueba de reconocimiento de memoria. Se les solicitó que reconocieran si las palabras se habían presentado con anterioridad o si eran nuevas. Tenían que pulsar la tecla “SÍ” en caso de reconocer la Palabra Objeto y la tecla “NO” si no la reconocían. Se presentaron 75 palabras: 25 palabras Objeto de cada tipo (asociadas con presionar, con girar o no asociadas con otra acción). De cada 25 palabras, 15 se les habían mostrado anteriormente y 10 eran nuevas que actuaban como distractores en la prueba de memoria. Las palabras de la prueba se presentaron en orden aleatorio.

### *Resultados y discusión*

Los análisis y los resultados reportados siguieron la misma estrategia usada en el estudio de referencia. Las puntuaciones medias de aciertos (i.e., responder “sí” a una palabra de objeto presentada anteriormente) y las puntuaciones medias de falsas alarmas (i.e., responder “sí” a palabras de objetos presentados por primera vez) en la tarea de reconocimiento se presentan en la Tabla 10. Las medidas de sensibilidad de la fuerza de la memoria, calculada por las puntuaciones  $d'$  (ver MacMillan & Creelman, 1991) por cada condición y cada participante (ver figura 12) fueron sometidos a un análisis de varianza ANOVA mixto de medidas repetidas de dos vías.

Los resultados del análisis de  $d'$  mostraron un efecto principal de la acción [ $F(1, 47) = 4.2$ ;  $MSe = 2.55$ ;  $p = .05$ ,  $\eta_p^2 = .84$ ]. La memoria de las palabras fue mejor cuando se realizó

la acción de presionar ( $M = 2.57$ ;  $SE = .09$ ; 95%  $CI [2.39, 2.75]$ ) que cuando se realizó la acción de girar ( $M = 2.30$ ;  $SE = .10$ ; 95%  $CI [2.11, 2.50]$ ). Se observaron también efectos significativos en la congruencia, [ $F(1, 46) = 14.08$ ;  $MSe = 5.13$ ;  $p = .00$ ;  $\eta_p^2 = .23$ ] pero una interacción no significativa entre la acción y la congruencia [ $F(2, 142) = 0.06$ ;  $MSe = 0.02$ ;  $p = 0.94$ ;  $\eta_p^2 = 0.001$ ]. Las comparaciones post-hoc de Bonferroni mostraron diferencias significativas ( $t(44) = 5.46$ ;  $p = .00$ ;  $d = .78$ ) entre la condición congruente ( $M = 2.32$ ;  $SE = .09$ ; 95%  $CI [2.13, 2.51]$ ) y neutra ( $M = 2.81$ ;  $SE = .08$ ; 95%  $CI [2.64, 2.98]$ ), y diferencias ( $t(44) = 4.50$ ;  $p = .00$ ;  $d = .65$ ) entre la condición incongruente ( $M = 2.18$ ;  $SE = .11$ ; 95%  $CI [1.97, 2.40]$ ) y neutra, pero no entre la condición congruente e incongruente.

Asimismo, los resultados del ANOVA mixto de dos vías efectuado con la información del tiempo de respuesta de los aciertos no mostró efectos significativos de la acción, [ $F(1, 46) = .80$ ;  $MSe = 55441.3$ ;  $p = 0.38$ ;  $\eta_p^2 = .02$ ]. Se observaron efectos significativos en la congruencia, [ $F(2, 46) = 11.55$ ;  $MSe = 72586.9$ ;  $p = 0.00$ ;  $\eta_p^2 = .20$ ] pero no en la interacción [ $F(2, 142) = .85$ ;  $MSe = 5351.;$   $p = .43$ ;  $\eta_p^2 = .02$ ]. Las comparaciones post hoc de Bonferroni no mostraron diferencias significativas entre la condición congruente e incongruente. Aunque si se observaron diferencias ( $t(44) = 3.93$ ;  $p = .00$ ;  $d = .57$ ) entre las condiciones congruentes ( $M = 1018$ ;  $SE = 25.62$ ; 95%  $CI [966.84, 1069.99]$ ) y neutras ( $M = 953.66$ ;  $SE = 24.14$ ; 95%  $CI [905.07, 1002.26]$ ); y diferencias ( $t(44) = 4.53$ ;  $p = .00$ ;  $d = .65$ ) entre las condiciones incongruentes ( $M = 1024$ ;  $SE = 22.22$ ; 95%  $CI [979.04, 1068.5]$ ) y neutras.

Tabla 9. Puntuación media de aciertos, falsas alarmas y valores  $d'$  en el reconocimiento de ítem en Experimento 4. Las desviaciones estándar aparecen entre paréntesis.

Congruencia	Presionar			Girar		
	Aciertos	Falsas Alarmas	$d'$	Aciertos	Falsas Alarmas	$d'$
Congruente	.86 (.13)	.15 (.14)	2.31 (.88)	.84 (.08)	.17 (.13)	2.06 (.56)

Neutral	.95 (.06)	.07 (.08)	2.97 (.52)	.90 (.07)	.09 (.12)	2.65 (.65)
Incongruente	.89 (.09)	.14 (.11)	2.44 (.59)	.86 (.11)	.16 (.14)	2.20 (.73)

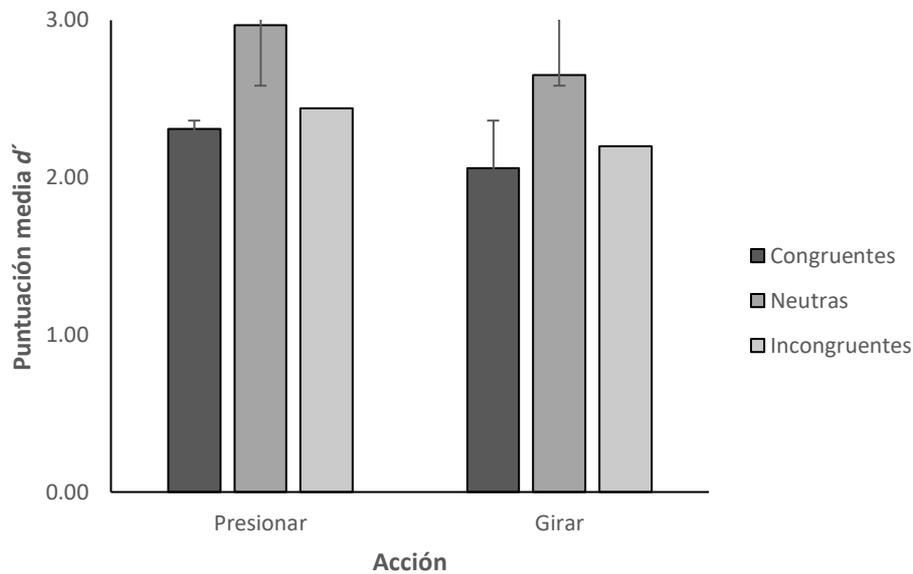


Figura 11. Puntuación media de puntuación  $d'$  para las palabras congruentes, neutras e incongruentes en las condiciones de presionar y girar del experimento 4. Las barras representan la desviación estándar.

En resumen, los análisis mostraron que las palabras que denotaban objetos para los que el uso funcional era congruente con la acción realizada durante el intervalo de retención no fueron reconocidas mejor que las palabras que denotaban objetos para las cuales el uso funcional era incongruente. Los resultados negativos obtenidos demuestran que la acción realizada durante la consolidación no favorece la memoria para objetos, lo que sugiere que las acciones no se activan automáticamente durante la presentación de palabras de objetos. En general, los resultados indican una clara evidencia de la ausencia de los efectos esperados de mejoría en el post-aprendizaje de las acciones que eran congruentes con las acciones asociadas a las palabras estudiadas.

Estos resultados sugieren que la activación motora no se produce de forma automática, sino que necesita la presencia de claves contextuales. Nuestros resultados contradicen la simulación motora automática propuesta por las teorías corpóreas del lenguaje que afirman que la presentación de palabras de objetos o imágenes activa automáticamente información relacionada con su uso durante su reconocimiento (Tucker & Ellis, 2004).

## **Experimento 5. EFECTO DE ACCIÓN MOTORA EN LA CONSOLIDACIÓN DE LA MEMORIA DE IMÁGENES Y PALABRAS DE OBJETOS**

Tras cuatro experimentos en los que no fue posible encontrar evidencia de un efecto de congruencia basadas en manipulaciones que tenían que ver principalmente con la codificación, en este quinto estudio se analizó si la presentación de palabras de objetos con una imagen que induce una acción particular influye en su recuerdo libre cuando se ejecuta la misma acción asociada a la imagen. El objetivo de este estudio fue observar si había un efecto de la acción cuando se inducía un movimiento particular del objeto, mediante la modificación de algunos aspectos durante la codificación y recuperación. Para discernir si la acción motora puede tener un efecto en la memoria, se simplificó el diseño original de van Damm. En el experimento 1 debido a la ambigüedad asociada a la traducción de las palabras del estudio de van Dam y colaboradores (2013) al castellano, algunas palabras fueron sustituidas por otras obtenidas de un estudio normativo en español. Sin embargo, en este experimento fue posible utilizar la mayoría de las palabras utilizadas por van Dam y colaboradores (2013) ya que se presentaron las palabras junto con una imagen que pudiera inducir el movimiento particular para evitar la evocación de diferente tipo de objeto, modelo y acción. Otra modificación fue la eliminación del tipo de palabra relacionadas con la acción de girar para simplificar el diseño anterior adoptado en los otros experimentos y poder observar el efecto de congruencia sólo con palabras relacionadas con la acción de presionar. Se consideró que la acción de girar puede tener más variabilidad de acciones motoras y es más difícil de unificar en todas las palabras. Finalmente, en la fase de recuperación se substituyó la prueba de reconocimiento por una tarea de recuerdo libre, y la respuesta fue

escrita con lápiz y papel para evitar que la propia acción de presionar las teclas para responder pudiera afectar a los resultados.

Zeelenberg y Pecher (2016) sugirieron que el efecto de la acción en la memoria a corto plazo depende de dos factores 1) el énfasis de la acción y 2) de la prueba de memoria utilizada. En un meta-análisis realizado con once experimentos, estos autores demostraron que los estudios que mostraban efectos de acción en la memoria utilizaron tareas de recuerdo libre, mientras que aquellos estudios que no exhibieron ningún efecto usaron tareas de reconocimiento (Pecher et al., 2013; Quak et al., 2014; Zeelenberg & Pecher, 2015). Estos resultados podrían sugerir que el tipo de prueba utilizada es un factor importante para observar el efecto de congruencia. En general, aunque pareciera razonable asumir que la acción favorece la memoria de palabras que denotan acciones congruentes, esto podría depender de aspectos relacionados con la fase de recuperación como el tipo de prueba utilizado. Por lo tanto, el siguiente paso podría ser la modificación de la prueba de memoria. Consecuentemente, la predicción en relación a los efectos es la misma; que la ejecución de una acción motora congruente con acciones típicamente asociadas a palabras estudiadas previamente, mejorará el recuerdo de estas palabras en pruebas de memoria posteriores.

### *Método*

*Participantes.* En este experimento participaron de forma voluntaria 70 estudiantes universitarios de Psicología de la Universidad de Minho, Portugal. La muestra final incluyó, 64 mujeres y 6 varones, con un rango de edad entre 18 años y 36 años ( $M = 21.3$ ). El tamaño de la muestra fue establecido a priori para ser similar, pero no inferior, a la muestra utilizada en el experimento original (20 participantes).

*Materiales.* Los materiales experimentales utilizados en este experimento fueron 20 palabras de objetos (Palabras Objeto) que se correspondían con dos condiciones de movimiento: presionar y neutras. Las palabras estímulo utilizadas en el experimento fueron: (a) 10 palabras de objetos asociadas a la acción de presionar y (b) 10 palabras de objetos neutros, sin asociación alguna con la acción de presionar. Cada imagen estaba compuesta por el objeto y una mano que sujetaba o presionaba el objeto. Se presentó simultáneamente la palabra y la imagen del objeto siendo manipulado con el fin de unificar el tipo de movimiento asociado a la misma acción de presionar. Para las palabras de presionar se utilizaron aquellos objetos que evocaran un movimiento particular de presionar con el dedo índice. Se formaron dos listas de palabras que tuvieran valores similares de frecuencia, extensión, conforme a los índices obtenidos en la base de datos P-Pal (Índices psicolingüísticos objetivos e subjetivos de palabras do Português Europeu) (Soares et al., 2011). Se eliminaron palabras que refirieran solo una parte de un objeto (*tecla*) en lugar del objeto (*piano*). Con el fin de garantizar que todas las palabras tuvieran valores similares se llevó a cabo análisis estadísticos. En este sentido, la prueba ANOVA reveló la ausencia de diferencias significativas entre los índices de (a) frecuencia media logarítmica por millón  $F(1, 9) = 5,20, p = 0.098$  con valores de 21.35 para las palabras de presionar, y 21.57 para las palabras neutras; (b) longitud  $F(1, 9) = 0.182, p = 0.675$  con 7.7 para las palabras de presionar y 7.2 para las palabras neutras (véase Tabla 11).

Tabla 10. Valores de puntuaciones medias del grupo de palabras de presionar y neutras.

Palabras	Freq mil	N. let
Presionar	21.35	7.7
Neutras	21.557	7.2

*Procedimiento.* El experimento se desarrolló en una sesión con una duración de 35 minutos en total. La sesión experimental constó de tres fases consecutivas, sin pausas entre cada una. La aplicación fue individual y antes de comenzar el experimento se tomaron los datos demográficos de los sujetos. Para la presentación de los estímulos se empleó el software SuperLab 5.

En la primera fase, la de codificación, se instruyó a los participantes para que memorizaran una serie de palabras. Se presentaron un total de 20 Palabras Objeto junto con una imagen asociada a dos condiciones: (1) 10 Palabras Objeto asociadas con el movimiento de presionar; (2) 10 Palabras Objeto sin asociación al movimiento de presionar, relacionadas con la acción de sostener con la mano el objeto. Cada palabra se presentó centrada en la pantalla del ordenador durante 3,000 ms cada palabra seguida de una marca de fijación de 500 ms entre cada palabra. El orden de presentación de los ítems siempre fue el mismo para todos los participantes. Las palabras se presentaron por encima de las imágenes al mismo tiempo centrados en la pantalla de ordenador, con tipo de letra Arial de color negro sobre fondo blanco. La lista final de palabras y su orden de presentación se puede observar en el anexo 5. (véase Figura 13)

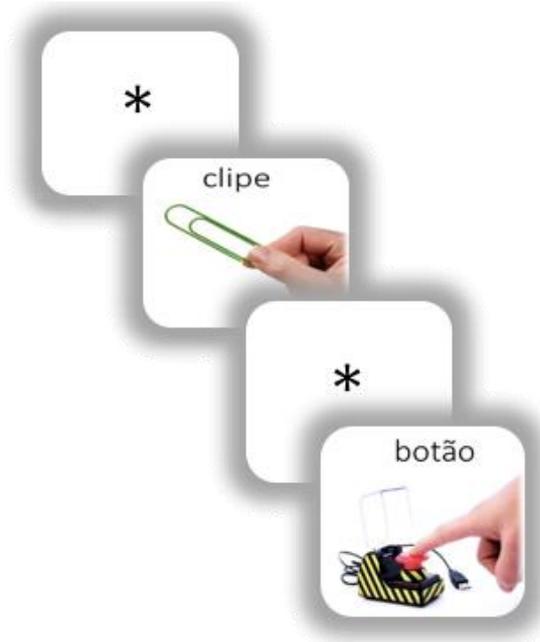


Figura 12. Procedimiento y materiales utilizados en el experimento 5.

Posteriormente, durante la fase de retención, los participantes tenían que dar una respuesta manual de presionar o emitir su respuesta en voz alta en función de un número que se les mostraba en una pantalla como respuesta a la tarea go/no-go. Si el número que aparecía en la pantalla era menor que cinco, la mitad de los participantes tenía que presionar el botón y la otra mitad tenía que pronunciar en voz alta la palabra “sí”. Por lo contrario, si el número era mayor que cinco, ninguno de los dos grupos realizaría ninguna acción. Los participantes del grupo de presionar tenían que presionar con el dedo índice la tecla marcada al efecto con el color rojo en el teclado del ordenador colocado frente a ellos. A diferencia de los experimentos anteriores, la acción congruente se realizó con un teclado debido a que se facilitó el diseño y no fue necesario utilizar un dispositivo multifunción que funcionara tanto para el movimiento de presionar como girar. Así mismo otro motivo para realizar dicho cambio responde a la necesidad de facilitar la aplicación del experimento durante un tiempo limitado para realizar los cambios operacionales. Se presentaron los números del 1 al 9, exceptuando el 5, en la pantalla del ordenador seguidos

de una marca de fijación de 500 ms entre cada número. Los números se presentaban por una duración máxima de 200 ms o cuando el participante emitía una respuesta. Esta fase tuvo una duración de ocho minutos. Inmediatamente después los participantes realizaron una prueba de recuerdo libre de memoria. Se les solicitó que recordaran todas las palabras que fueron presentadas anteriormente y las escribieran en un folio durante un periodo de cuatro minutos.

*Diseño.* Se utilizó un diseño factorial mixto (2 x 2), con la acción motora durante la retención (presionar/ control) como factor entre-sujeto, y el tipo de palabra (presionar y neutras) como factor intra-sujeto.

### *Resultados y discusión*

Se realizaron varios análisis en función de los factores a comparar. Se realizó un análisis ANOVA de comparación de medidas independientes comparando la interacción de dos factores: 1) Tipo de acción (presionar como condición experimental y pronunciar la voz en alto como condición control) y 2) Tipo de palabra (presionar y neutras).

Con el índice de palabras recordadas se realizó un análisis ANOVA de medidas repetidas de los aciertos (véase figura 13). Los resultados revelaron un efecto significativo principal del tipo de palabra [ $F(1, 19) = 10.11, p = 0.002, MSe = 25.71$ ]. Las comparaciones Post-hoc mostraron diferencias significativas ( $t(69) = 3.19, p = .002, d = .381$ ), entre las condiciones, se recordaron más palabras neutras ( $M = 3.94; SE = .22; 95\% CI [0.0, 7.0]$ ), que palabras relacionadas con la acción de presionar ( $M = 3.09; SE = .19; 95\% CI [0.0, 6.0]$ ). No se observó la presencia de efectos significativos para el grupo de acción. La interacción entre ambas variables tampoco fue significativa ( $F < 1$ ) lo que podría indicar que la ejecución de la acción congruente o la no ejecución no influye en el recuerdo. Respecto al análisis de la

frecuencia de las palabras recordadas tampoco se observó un efecto significativo [ $F(1, 19) = 3.20, p = 0.08, MSe = 6.05$ ] (véase la figura 14).

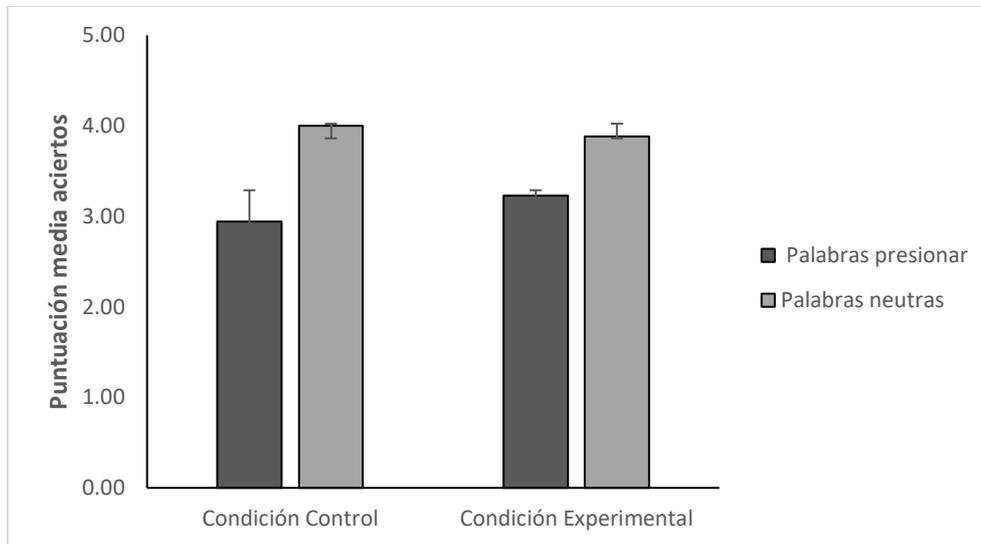


Figura 13. Puntuación media de aciertos para las palabras congruentes y neutras en función de las condiciones control (pronunciar en voz alta la respuesta) y experimental (presionar una tecla) del experimento 5. Las barras representan la desviación estándar.

Adicionalmente, con el fin de observar si la utilización de alguna estrategia de categorización fue potenciada por la acción, se analizó el posible agrupamiento en categorías del recuerdo libre. Se realizó un análisis de la categorización de las respuestas mediante el índice ARC (Adjusted Ratio of Clustering). Este índice varía entre 1 y -1, siendo el valor más próximo a 1 el que se relacionaría con una mayor categorización del recuerdo. Un análisis ANOVA mostró que no hubo diferencias significativas entre el valor de ARC en ambas condiciones de acción. No hubo diferencia entre el valor ARC de la condición de presionar y control. Por tanto, en ninguno de los grupos parece haber evocación por categorías. Cuando se analizó el número de veces que cada palabra era recordada según cada condición de movimiento, se observó que todas las palabras tenían casi el mismo número de evocaciones independientemente del grupo de acción o no acción.

Los resultados demostraron que la acción motora congruente con las palabras de presionar realizada durante la consolidación no mejora la memorización de palabras de objetos asociadas a la acción. Los resultados de este estudio demuestran que la ejecución de un movimiento específico congruente no favorece la memorización, lo que sugiere que la reactivación de los códigos motores durante la ejecución posterior no influye en la memoria. Si la activación de la representación motora de una palabra no influye en la memoria al realizar un movimiento específico asociado a un objeto, no lo va a producir por un movimiento general. De nuevo, los resultados de este estudio no son consistentes con los resultados del trabajo original de Van Dam y colaboradores (2013).

Por tanto, los resultados contradicen las propuestas de las teorías corpóreas, que sugieren que la presentación de la palabra o imagen de un objeto produce una activación automática de sus características motoras. En esta línea, algunos autores han demostrado que la activación automática de las características sensorio-motoras de las palabras tiene un efecto de facilitación en tareas de reconocimiento, así como la influencia de la activación de una modalidad sensorial con la memoria como evidencia de la base corpórea de la representación mental.

## DISCUSIÓN GENERAL

El objetivo principal de esta tesis doctoral fue analizar el papel que tiene la acción motora sobre las representaciones mentales y su recuerdo. Con tal fin, en la serie experimental presentada en esta tesis se utilizó el paradigma de congruencia motora. En una serie de tres experimentos, van Dam y colaboradores (2013) describieron el efecto de congruencia motora post aprendizaje que sugiere que el recuerdo de palabras relacionadas con la acción motora podría fortalecerse mediante la ejecución de acciones motoras congruentes, realizadas durante el intervalo de retención. Este efecto fue estudiado en una serie de cinco experimentos en los que se intentó replicar ese efecto de congruencia, replicando el experimento original e introduciendo modificaciones relacionadas con la fase de codificación. Los resultados de todos los experimentos no mostraron indicios de la existencia de un efecto de congruencia.

La acción motora, ya sea simulada o ejecutada posterior a la acción, ha sido considerada como parte esencial de las representaciones mentales, así como un factor que favorece su memorización. La evidencia de estudios comportamentales y de neuroimagen en los últimos años que apoyan las teorías corpóreas sugieren que la acción asociada a los objetos y a las palabras son activadas automáticamente durante el reconocimiento de palabras de acción y objetos. Sin embargo, también otros estudios han demostrado que la reactivación de la acción no influye en la memoria. De ahí que en la investigación actual se ha cuestionado qué factores determinan el efecto positivo o negativo de la acción en la memoria.

El objetivo principal de esta tesis fue analizar la implicación de la acción en las representaciones semánticas y su papel en el proceso de memoria. En particular, me enfoqué

en la relación entre la acción motora y la memorización de palabras congruentes con la acción. Con tal fin, el efecto de la ejecución de acciones motoras posteriores al aprendizaje en la memoria se estudió por medio del paradigma de congruencia motora desarrollado por van Dam y colaboradores (2013). El efecto de congruencia motora post aprendizaje sugiere que el recuerdo de palabras relacionadas con la acción motora podría fortalecerse mediante la ejecución de acciones motoras congruentes con las realizadas durante el intervalo de retención. Este efecto fue estudiado en una serie de cinco experimentos con la manipulación durante el periodo de retención sobre palabras de objetos asociados a distintos tipos de acción.

La predicción de todos los experimentos fue que la ejecución de una acción motora congruente con acciones motoras típicamente asociadas a palabras estudiadas previamente mejoraría el reconocimiento de estas palabras en posteriores pruebas de memorias. La hipótesis principal fue que las palabras de objetos que fueron congruentes con el movimiento realizado durante el periodo de consolidación se recordarían mejor. Estas predicciones se basaron en dos asunciones: (1) los códigos motores son un componente esencial en la formación de representaciones de palabras relacionadas con la acción, y (2) la reactivación post-aprendizaje de los códigos motores mediante la ejecución de movimientos manuales, fortalece la memoria episódica de las representaciones de palabras de acción.

Los resultados encontrados no son consistentes con los obtenidos por van Dam y colaboradores (2013). Tomados en conjunto, en contra de las hipótesis esperadas, ninguno de los experimentos mostró evidencia del efecto de congruencia motora; es decir, la realización de una acción motora congruente realizada después del aprendizaje no afectó positivamente al recuerdo de material verbal relacionado. El análisis de los resultados reveló que no hubo mejoría en el post-aprendizaje por las acciones congruentes con las acciones asociadas a las palabras estudiadas, contradiciendo la predicción de la activación

automática de la acción asociada a las palabras y su posterior reactivación durante el reconocimiento. En suma, estos resultados no muestran ninguna evidencia del fortalecimiento de la huella de memoria producida por la acción.

En general, los resultados evidenciaron una clara ausencia de los efectos esperados. En ninguno de los experimentos se observó el efecto de congruencia, cuando se replicó el experimento de van Dam y colaboradores (2013) (Experimento 1), ni cuando se manipuló el nivel de procesamiento durante la codificación (Experimento 2 y 3). Cabe señalar que incluso cuando se presentó previamente a la palabra un video del objeto siendo manipulado (Experimento 4) o una imagen (Experimento 5) los resultados fueron los mismos. Asimismo, en el quinto experimento también se modificó la prueba de memoria de reconocimiento por una prueba de recuerdo libre, y nuevamente, no se encontró evidencia del efecto de congruencia.

Los hallazgos del primer experimento contradicen aquellos observados por van Dam y colaboradores (2013) a pesar de replicar su mismo procedimiento. La hipótesis principal del primer experimento fue que las palabras de objetos que fueron congruentes con el movimiento realizado durante la consolidación se recordarían mejor. Los resultados no mostraron un mejor recuerdo de las palabras congruentes asociadas a las acciones realizadas post-aprendizaje en comparación con las incongruentes. Una de las posibles explicaciones de estos resultados fue que la ejecución de la acción post aprendizaje no activa los códigos motores de forma automática durante la presentación aislada de palabras de objetos. Si esto es así, entraría en contradicción con los resultados de otros estudios que indican que ciertas tareas de procesamiento de palabras provocan la activación automática de áreas cerebrales sensoriales y motoras (Kellenbach, Brett, & Patterson, 2003).

Otra posibilidad es que los resultados negativos podrías derivar del uso de

estrategias de memorización no motoras durante la codificación, al menos de algunos participantes, ya que fueron instruidos para memorizar las palabras, pudiendo utilizar cualquier estrategia de procesamiento durante su estudio. Existe evidencia que sugiere que el grado de inclusión de las propiedades motoras en la memoria episódica depende de las condiciones de la codificación. Por ejemplo, Madan (2014) mostró que el esfuerzo intencional para formar asociaciones entre pares de palabras durante su estudio produjo peor recuerdo para pares de palabras de objetos manipulables cuando la codificación evocaba características funcionales. De ahí que una posible explicación de los resultados fue que los procesos controlados que ocurren cuando se establecen nuevas asociaciones entre las palabras interfirió con el procesamiento automático de características sensorio-motoras. Por lo que, si el grado de implicación depende de aspectos como la utilización de determinadas estrategias de codificación de los participantes, entonces controlar la estrategia podría mejorar la memorización.

Por este motivo, en el experimento 2 y 3 se manipuló el tipo de procesamiento utilizado durante la codificación de las palabras. Se predijo, siguiendo resultados previos, que la codificación a un nivel superficial (menos orientado estratégicamente) podría permitir la formación de representaciones con contenido motor de las palabras asociadas a la acción, y que por lo tanto estas representaciones se reforzarán por la acción motora congruente ejecutada durante el periodo de retención. Pero la manipulación del nivel de procesamiento durante la codificación para inducir los códigos motores, en el segundo y el tercer experimento, no mostraron resultados consistentes con el efecto de congruencia. En ambos experimentos, en la condición de nivel de codificación superficial, no se observaron indicios de efectos de congruencia. Estos resultados son inconsistentes con los obtenidos en el estudio realizado por Madan & Singhal (2012) y la ausencia de efecto de congruencia se ha manifestado incluso con el uso del aprendizaje incidental y la inducción

de procesamiento superficial (experimento 2 y 3).

Otra posible explicación de los resultados negativos es que haya alguna característica individual que determine el nivel de riqueza de las representaciones mentales motoras asociadas a las palabras y que ello pudiera determinar la aparición o no del efecto de congruencia. Así, algunos participantes pudieran tener más destreza manual que otros, y por lo tanto verse más favorecidos por la activación motora. De ahí que la simulación motora pudiera depender de la competencia motora más que de características perceptuales del experimento. Sugiriendo así que la capacidad para memorizar y para formar una simulación motora podría estar modulada por la experiencia y destreza motora. Sin embargo, el nivel de destreza, introducido como variable entre-sujeto en el tercer experimento tampoco permitió observar ningún efecto de congruencia motora para el grupo de participantes con mayor destreza manual tal y como se hipotetizaba. Estos resultados sugieren que el nivel de destreza no es un factor que favorece la memorización y recuperación. Los resultados contradijeron la predicción de que las personas con destrezas manuales más desarrolladas presenten un mayor efecto de la acción debido a que tienen representaciones motoras distintas. Los resultados obtenidos, por tanto, son inconsistentes con los obtenidos en otros estudios que demuestran que las personas con entrenamiento motor tienen una representación motora diferente y se ven beneficiados por características personales como la experiencia o dominio. Estos hallazgos sugieren que la destreza manual no es un factor que favorezca la observación del efecto de congruencia motora y por tanto que la acción no mejora el reconocimiento de palabras relacionadas con la acción en personas con mayor destreza manual.

En el estudio original de Van Dam et al, se asume que la lectura de las palabras activaría la información motora de manera automática, y que la simulación de la acción típica asociada a las palabras se corresponde principalmente con una sola acción, ya sea de girar o

presionar. Dos explicaciones tentativas derivadas de estas reflexiones y que podrían tener que ver con los resultados negativos son las siguientes. La primera es que la activación de la información motora producida por la lectura de palabras no es automática, como se ha propuesto por las teorías corpóreas del lenguaje (Tucker & Ellis, 2004). En consonancia con esta idea, algunos estudios han demostrado que la presentación aislada de palabras no parece producir ninguna activación. La segunda explicación está relacionada con el uso principal asociado a un objeto que podría relacionarse también con otros movimientos. El patrón motor asociado a una palabra es muy variado y por tanto cada objeto puede tener diversas representaciones motoras. El uso principal asociado a un objeto podría vincularse también con múltiples movimientos. Cada objeto puede evocar acciones, interacciones y movimientos muy heterogéneos (e.g., un teléfono se asocia a la acción de pulsar, sujetar, hablar, etc.). Incluso la acción difiere según el modelo utilizado (“tapa” podría relacionarse con la acción de girar, presionar o doblar en función del modelo ya sea de rosca o de presión). De modo que la presentación de palabras aisladas podría haber dificultado la activación específica de los códigos motores relacionados con la acción de girar y presionar. De ahí que el patrón motor asociado a una palabra es muy variado y por tanto cada objeto puede tener diversas representaciones motoras.

Por todo ello, en el cuarto experimento se realizó una modificación al paradigma para asegurar que la relación entre la palabra y la acción ejecutada fuera lo menos ambigua posible. En este experimento se intentó potenciar la activación de los códigos motores con la presentación de imágenes de los objetos acompañada de la palabra, en lugar de la presentación de las palabras aisladas. Se intentó primar la simulación del movimiento específico antes de la presentación de la palabra con el fin de asegurar la activación de los códigos motores. De forma que si la presentación de información adicional permite activar los códigos motores que se intentan reactivar, entonces sería posible obtener el efecto de

congruencia. Nuevamente, no se encontró evidencia del efecto de congruencia. Estos datos indican que la forma de presentación de los estímulos (imagen, video o palabra) no influye en la aparición del efecto de congruencia motora. Los hallazgos de este estudio no apoyan las conclusiones obtenidas en anteriores estudios que han demostrado que la disposición motora favorece la memoria a corto plazo cuando enfatizan la acción primando movimientos específicos de las manos en vídeos (Downing-Doucet & Guérard, 2014; Lagacé & Guérard, 2015).

En la misma línea, y confirmando la hipótesis de Zeelenberg y Pecher (2016), los resultados de la tesis demuestran que el efecto de la acción en la memoria podría depender de factores contextuales. Una explicación tentativa para los resultados obtenidos es que la activación motora posiblemente necesite de claves contextuales o dirigir la atención a la información motora explícitamente para lograr observar el efecto de congruencia. Los resultados de los experimentos también demuestran que la presentación de estímulos aislados no activa automáticamente los códigos motores asociados a las representaciones motoras. Todo ello es bastante consistente con las predicciones de las posturas de corporeidad secundaria, que afirman que la activación se produce de forma secundaria y es dependiente de los requerimientos de la tarea. Los resultados de otras investigaciones han sugerido que los símbolos mentales no son inmutables sino dependientes contextualmente. Por ejemplo, en tareas de denominación de imágenes se ha observado que la activación fonológica no implica necesariamente la activación sensorio-motora si no lo requiere la tarea (Mahon & Caramazza, 2008). Cuando se denomina el objeto de una imagen se produce la activación fonológica de la palabra (martillo) y de palabras similares (marte). La propagación de la activación por similitud fonológica, en este caso de palabras similares, no se extiende a la activación de unidades motoras de efectores específicos (corteza motora) por que no son necesarias en la tarea de denominación. La postura propuesta por Mahon y Caramazza (2008)

de activación no específica es incompatible con la idea de la permanente activación del sistema motor mediante patrones efectores específicos durante el procesamiento semántico sin importar los requerimientos de la tarea o el estado mental del observador.

En general, consideramos que los resultados de los experimentos presentados en esta tesis doctoral concuerdan mejor con propuestas de corporeidad secundarias y débiles, puesto que no defienden un isomorfismo absoluto entre el contenido y la representación conceptual. Los conceptos concretos y abstractos dependen de las situaciones y de las acciones situadas debido a que pueden ser entendidos más fácilmente cuando se relaciona una situación contextual para explicarlos (Barsalou & Wiemer-Hasting, 2005). Sin embargo, aunque esta explicación sea posible, no es aplicable a todos los dominios del conocimiento ni pueden caracterizarse en situaciones concretas, con contenido sensorial, motor o afectivo, en contra de la idea de que se ha propuesto que las representaciones sensorio-motoras tienen ya un grado de abstracción. De forma que, la información representada es abstraída durante el procesamiento sensorial, por lo que no es una simple resonancia con el mundo externo, sino que el formato de la representación es amodal (Pylyshyn, 2003).

Un ejemplo de activación parcial lo podemos observar en la teoría del sistema de símbolos perceptuales propuesta por Barsalou (1999) donde sugiere que los mecanismos de simulación pueden implementar funciones cognitivas a partir de operaciones simbólicas clásicas como la asociación de casos-tipos (type-token), inferencias, productividad, recursión y proposiciones (Barsalou, 2008). El mecanismo que implementa las operaciones simbólicas son las simulaciones formadas por simuladores. Los simuladores están relacionados con la categoría de conocimiento que formamos, se representan en diferentes modalidades y activan diferentes áreas cerebrales relacionadas con características relevantes según la situación (como su sabor, olor, visión, acción, afecto o recompensa). Mientras que las simulaciones utilizan los simuladores para formar conceptualizaciones de situaciones específicas y forman

la memoria de situaciones (Barsalou, 2020). De forma que cuando un concepto aprendido es procesado, un patrón de activación distribuida y asociativa se establece en el sistema neuronal. Para Barsalou (2020) la cognición surge de mecanismos cognitivos corpóreos clásicos en las modalidades perceptivas, del cuerpo, del ambiente físico y del ambiente social. Este ciclo de fases interactúa entre sí para formar memorias de situaciones. Por lo que las conclusiones de esta Tesis van en consonancia con el concepto de cognición de Barsalou que la considera parte de un ciclo de situación de la acción donde se integran estos dominios corpóreos.

Finamente, en el quinto experimento tampoco se observó el efecto de congruencia cuando se utilizó una prueba de memoria de recuerdo libre, lo que demostró que la prueba de memoria utilizada tampoco parece influir en la aparición del efecto. Los hallazgos de este estudio no apoyan las conclusiones obtenidas en anteriores investigaciones que proponían que el efecto positivo de la acción en la memoria depende de la prueba de memoria utilizada en la investigación (Zeelenberg & Pecher, 2016). En un meta-análisis realizado por estos autores no se observaron efectos positivos en la memoria cuando las pruebas de memoria eran tareas de reconocimiento y tareas n-back. Sin embargo, cuando se utilizaron tareas de recuerdo serial sí se obtuvieron efectos positivos. Aunque estos datos sugieren que el tipo de prueba de memoria podría ser una variable importante que influye en la recuperación del material aprendido, los resultados actuales contradicen dicha conclusión. Por ejemplo, se han observado efectos de la acción en la memoria cuando se utilizaron tareas de recuerdo libre, mientras que aquellos estudios que no exhibieron ningún efecto usaron tareas de reconocimiento (Pecher et al., 2013; Quak et al., 2014). Estos resultados contradicen la hipótesis de que el tipo de prueba utilizada es un factor importante para observar el efecto de congruencia.

En resumen, los resultados de los cinco experimentos contradicen la hipótesis de implicación total de los sistemas sensorio-motores en las representaciones semánticas defendida por las posturas corpóreas. Estos resultados concuerdan con otras investigaciones que no han podido demostrar efectos significativos de la acción en la memoria a corto plazo (Guérard & Lagacé, 2014; Pecher, 2013; Pecher et al., 2013; Pecher et al., 2015; Quak et al., 2014) ni a largo plazo (Pecher et al., 2019; Zeelenberg & Pecher, 2020). No obstante, aunque no se observó ningún efecto de la acción en la memoria, esto no significa que los sistemas sensorio-motores no tengan implicación en las representaciones semánticas, aunque sea parcial. Dicho esto, los resultados van en línea con posturas de corporeidad débil o secundaria, que integran planteamientos corpóreos y simbólicos. Incluso se ha afirmado que la relación arbitraria entre el concepto y su representación defendida por las teorías simbólicas no tiene que ser problemática y no debería de ser el foco de investigación actual. La cuestión que debería de cobrar mayor importancia es la forma como los conceptos se conectan sistemáticamente a representaciones de entrada y salida de modalidad específica, ¿cómo las representaciones de un contenido “arbitrario” pueden conectarse correctamente a la información sensorio-motora específica? Por ejemplo, en el campo del lenguaje los conceptos de las palabras (perro) se asocian sistemáticamente a una determinada forma de la palabra en distintos idiomas (“perro”, “dog”, “chien”) y a su correspondiente representación fonológica.

La evidencia principal de la implicación directa de los sistemas sensoriales y motores en el proceso semántico es que la activación ocurre al mismo tiempo que la comprensión semántica. Sin embargo, la activación fonológica en tareas de denominación de imágenes y la activación del sistema motor durante la denominación de herramientas podría ser producto de la propagación de la activación de forma secundaria (Morsella & Miozzo, 2002; Navarrete & Costa, 2005). Por tanto, la activación sensorio-motora durante el procesamiento cognitivo

puede deberse a una propagación de la activación. De forma que la evidencia neurocientífica y comportamental presentada por las teorías corpóreas es consistente también con las teorías simbólicas que predicen que la activación de los sistemas sensoriales y motores es posterior o secundaria al acceso del significado de conceptos no corpóreos (Mahon & Caramazza, 2008).

El estudio del papel de la acción motora en la cognición hace contribuciones notables en distintos campos. El efecto de congruencia motora investigado por van Dam y colaboradores (2013) se podría considerar, a priori, de gran relevancia, por un lado, por su posible aplicación en el ámbito de la memoria y, por otro lado, por su papel en el campo de las ciencias cognitivas como evidencia a favor del enfoque corpóreo.

En el campo de la memoria, el estudio del papel de la acción promete ser un campo de estudio prometedor en los siguientes años. Este trabajo contribuye al conocimiento existente en el campo de la memoria, por un lado, mediante el aumento del conocimiento de los factores que influyen durante la consolidación y la re-consolidación, así como de las condiciones presentes durante el aprendizaje que son clave para modular su retención a largo plazo. Por otro lado, aunque la implicación de la acción en el campo de la memoria ha sido investigada antes con otros paradigmas, como el de enactment (Engelkamp & Zimmer, 1983; van Dam et al., 2013), su papel durante el intervalo de retención estudiado con un nuevo paradigma, parecía ser un tema nuevo y prometedor. Y a pesar de los resultados negativos, el enfoque que fue empleado en esta tesis permitirá la utilización de un nuevo paradigma de memoria que podría contribuir al estudio de las representaciones de la memoria de acción, así como de estudios corpóreos.

El efecto de congruencia motora no había sido replicado antes, por lo que este estudio constituye uno de los primeros intentos para poner a prueba el efecto de congruencia obtenido

por van Dam y colaboradores (2013). Este estudio resaltó la importancia de replicar estudios y paradigmas aceptados y reconocidos en el campo de la psicología. Particularmente, permitió poner a prueba empíricamente las hipótesis de las teorías corpóreas, y aumentó la comprensión del papel de la acción en las representaciones mentales. En este sentido, quisiera destacar que los resultados de este estudio (experimentos 1 y 2) se han publicado recientemente como parte de un estudio que recopila cuatro experimentos de dos laboratorios distintos diseñados para replicar el efecto de congruencia motora durante la consolidación mediante manipulaciones que afectan a la codificación y a la consolidación (Romero, Vargas, Alonso, Díez, & Fernandez, 2020). Los resultados de los otros dos estudios también fracasaron en demostrar efectos positivos de la actividad posterior al aprendizaje en la memorización de palabras motoras relacionadas. La ausencia del efecto positivo de la ejecución motora en la consolidación de memoria obtenida en estos experimentos tiene importantes implicaciones para las posturas corpóreas de la cognición.

De acuerdo con Shrout y Rodgers (2018), la falta de replicación es evidencia de una crisis en la ciencia, particularmente en la psicología. La pobre replicación de resultados de investigación es uno de los tres problemas que acarrearán una visión negativa del estado de la ciencia actual (Coyne, 2016; Schmidt & Oh, 2016). Brian Nosek y otros 269 coautores (Colaboración de Open Science, 2015) publicaron un artículo en el que reportaron un intento fallido de replicación de 100 experimentos publicados en revistas científicas de prestigio en 2008. Se ha señalado que los resultados de investigación no pueden ser replicados en nuevos estudios, o que las prácticas adoptadas por los investigadores no son las adecuadas y conllevan conclusiones falsas. Es por ello que el tema de la replicabilidad ha sido discutido enérgicamente en la investigación en la última década (Bollen, Cacioppo, Kaplan, Kronick, & Olds, 2015; Simmons, Nelson, & Simonsohn, 2011).

En esta línea, existe evidencia empírica reciente que sugiere que los resultados de investigaciones que han intentado analizar efectos conocidos dentro del enfoque corpóreo (como el efecto ACE), no han podido ser replicados (Papesh, 2015). Esta falta de replicabilidad, tanto del efecto de congruencia motora, como del efecto ACE se ha interpretado como evidencia de que las características sensorio-motoras no son parte fundamental de las representaciones conceptuales, y por tanto como prueba para rechazar las teorías corpóreas. Sin embargo, la obtención de resultados negativos no significa necesariamente que las propuestas corpóreas no sean válidas, sino que las condiciones experimentales utilizadas no han sido las mejores para replicar los resultados positivos. La inconsistencia de resultados no puede ser interpretada como prueba fehaciente para invalidar una teoría, sino para redirigir la atención en distinguir en qué circunstancias se obtiene un resultado y en cuáles no es posible. Un resultado nulo también podría indicar que dicha hipótesis es verdadera pero que el experimento no fue capaz de detectar un efecto real (e.g., error tipo II), en oposición a la creencia extendida en la investigación experimental de que las diferencias no significativas demuestran que la hipótesis nula no es verdadera (Lindsay, 2015). Ahora bien, es importante considerar que la replicación no es sencilla, y si se desconocen los factores importantes que habrán de mantenerse resultará más difícil la replicación (Lindsay, 2015). Como también se ha señalado en algunas investigaciones (Nosek et al., 2012a.; 2012b), las investigaciones que muestran efectos robustos pueden no ser replicadas en alguna ocasión por que es imposible replicar un estudio bajo las mismas condiciones que el estudio original.

Por otro lado, es importante considerar que dentro de la investigación corpórea hay efectos que si se han podido replicar como el efecto de compatibilidad espacial de Zwaan y Pecher o de la interferencia espacial de Estes y Barsalou (Barsalou, 2020). Esta variabilidad en la replicación de efectos corpóreos puede explicarse por diversos motivos como bien

señala Barsalou (2020). Por un lado, el fallo en la replicación puede explicarse por diversos factores como: la práctica metodológica pobre, poder estadístico débil, problemas en el procedimiento estadístico, así como sensibilidad al contexto. Los efectos replicables muestran una sensibilidad al contexto importante. Dicho de otra manera, los efectos robustos en diversas tareas no se generalizan en otras situaciones, y dependen de la presencia de moderadores contextuales para su observación (Barsalou, 2020). Barsalou propone la implicación de la perspectiva cuántica para explicar la replicación de hallazgos experimentales. La imposibilidad de replicación se produce por mecanismos cuánticos que cambian los resultados según las condiciones de observación del fenómeno evaluado. Es por ello que resulta no realista esperar los mismos resultados en diversas situaciones a pesar de que se realicen buenas prácticas metodológicas. Por lo que considerar estos factores de variación contextual, asociadas también a la variabilidad cuántica, es fundamental para avanzar en el campo experimental psicológico, cognitivo y neurocientífico. Así mismo, es importante considerar la variabilidad contextual en forma de componentes situaciones relacionados con afectos, comportamientos, ambiente, metas como factores inmanentes de la cognición (Barsalou, 2020).

La generalización de los resultados de esta tesis está sujeta a ciertas limitaciones. Por ejemplo, el tamaño de las muestras fue pequeño en algunos experimentos, por lo que podría igualarse para tener resultados más consistentes. Se ha propuesto que incluso cuando las correlaciones son estadísticamente significativas, las muestras pequeñas son susceptibles a errores. Por lo que se ha sugerido reportar intervalos de confianza, así como utilizar gráficos o histogramas, entre otras medidas (Lindsay, 2015).

Asimismo, la investigación llevada a cabo fue de tipo exploratorio por lo que el alcance de las interpretaciones se ve limitado por la naturaleza de este tipo de análisis. Y como bien señala Lindsay (2015), la investigación exploratoria tiene gran valor, pero no suele

ser considerada para publicación. Esta investigación se diseñó específicamente para evaluar los factores relacionados con el comportamiento humano en un ambiente experimental, por lo que sería interesante analizar si el efecto puede ser observado en otros ambientes menos controlados o en ambientes clínicos.

Respecto a futuras investigaciones relacionadas al campo de la memoria, resulta importante señalar la necesidad de tener más investigación para incrementar nuestro entendimiento sobre los factores que favorecen el aprendizaje post codificación. Se requiere más investigación para determinar en qué condiciones la acción favorece la memorización a largo plazo. La información derivada de estas propuestas podría ser utilizada en el ámbito clínico para desarrollar intervenciones de aprendizaje implícito post codificación destinadas a pacientes con alteraciones de memoria importantes. Sería interesante investigar la aplicación de nuevas posibles intervenciones.

El grado de implicación de los sistemas motores en la representación del significado continúa siendo un tema de debate importante. De ahí que futuras investigaciones deberían centrarse en realizar más estudios que intenten replicar efectos conocidos y aceptados por la comunidad científica. Las teorías corpóreas, al igual que cualquier ciencia emergente se han centrado en demostrar el papel que tienen las simulaciones en la cognición. Según la filosofía de la ciencia, es comprensible que cuando un área de estudio, o una ciencia emerge, dominen los experimentos de demostraciones para justificar su importancia. Sin embargo, actualmente las teorías corpóreas ya no necesitan demostrar su aplicación sino poner en tela de juicio sus planteamientos, posiblemente mediante la replicación de sus efectos más conocidos y defendidos. Aunque existe suficiente evidencia que corrobora el procesamiento modal en la cognición, falta desarrollar teorías computacionales, así como experimentos que puedan ponerlas a prueba. Es por ello que las investigaciones corpóreas han desatendido el desarrollo

de teorías formales que integren puntos críticos. A medida que avanza la ciencia, se desarrollan teorías mecánicas que estimulan nuevas líneas de investigación.

Resulta necesario entonces desarrollar paradigmas empíricos que puedan ser replicables y permitan probar los efectos predichos. La importancia de la replicabilidad es fundamental en el desarrollo de cualquier ciencia, de ahí que las futuras investigaciones tendrán que centrarse en evaluar las condiciones de aparición de un fenómeno y los factores que impiden su replicación. En el marco de la crisis de replicabilidad, que domina la investigación actual, la replicación de los efectos conocidos tiene gran importancia, en especial en postulados teóricos como el corpóreo.

Otra de las limitaciones en las teorías corpóreas actuales es la falta de nuevas propuestas teóricas y otras arquitecturas que podrían desarrollarse en el marco de las teorías corpóreas. Por lo que resulta más importante crear teorías que expliquen la implementación de los principios que rigen el funcionamiento del sistema cognitivo a través de experimentos analíticos, más que de experimentos que justifiquen la importancia de las teorías corpóreas. Dicho de otra manera, la presencia de las operaciones simbólicas no se pone en duda, sino la forma como el cerebro puede implementar dichas operaciones. En los últimos años se ha intentado comprobar experimentalmente la forma como dicha implementación ocurre. Un ejemplo de dicha implementación lo observamos en teorías corpóreas como el sistema de símbolos perceptivos (Barsalou, 1999) o las gramáticas cognitivas lingüísticas o el ciclo de la acción situada (Barsalou, 2020). Quizá una mejor aproximación al estudio de la cognición sea incluir el rol de los afectos, el comportamiento, las situaciones en una forma natural como lo plantea Barsalou en el ciclo de situación de la acción. (Barsalou, 2000).

Un tema de interés para futuras investigaciones es la integración de paradigmas clásicos en el estudio corpóreo. Con el cambio de paradigmas, también es necesario la

reinención de paradigmas clásicos mediante la evaluación empírica y teórica de éstos. Paradigmas clásicos como el reconocimiento en memoria o el sistema de producción tendrían que ser entendidos desde el marco de las teorías corpóreas para poder ser compatibles.

En suma, los resultados encontrados en la presente tesis doctoral no son evidencia suficiente para refutar las teorías corpóreas o para confirmar las simbólicas. Reconocer el carácter flexible de las representaciones es lo que permite distinguir en qué condiciones no es posible replicar un efecto observado antes y por qué. Considerando las alternativas teóricas al enfoque corpóreo de que el formato de los conceptos es amodal y simbólico, al menos una parte, y que hay conexiones sistemáticas entre los símbolos amodales y sus respectivas representaciones sensorio-motoras, resulta relevante dirigir la discusión de las investigaciones hacia la organización cognitiva de dichas conexiones y a la evaluación del carácter flexible del procesamiento conceptual.

Finalmente, quisiera concluir este apartado mostrando un interés especial por las posiciones teóricas débiles y secundarias que consideran que la activación depende de las demandas de la tarea y asumen cierta flexibilidad de las representaciones semánticas. El desarrollo de las actuales técnicas de neuroimagen funcional y el creciente interés por el papel de la percepción y la acción en la cognición han estimulado nuevos temas de debate y, en consecuencia, el desarrollo de posturas teóricas alternativas, como las corpóreas débiles y secundarias. Aún queda mucho por decir acerca del papel que tiene la acción en la memoria y en la formación del significado de las representaciones mentales. Un enfoque más prometedor en la comprensión de las representaciones serían las nuevas posturas teóricas (las teorías híbridas que integran postulados tanto de las teorías simbólicas como corpóreas), debido a que brindan explicaciones conciliadoras para las discusiones actuales.

## CONCLUSIONES

En este capítulo se recordará el propósito final de la tesis mediante la descripción de los objetivos y la literatura que es consistente con los resultados obtenidos en la serie experimental. El papel de la acción en las representaciones motoras y en la memoria se discutirá junto con las limitaciones y dificultades del estudio. Por último, se propondrán algunas recomendaciones para futuros estudios. Algunas sugerencias para mejorar el tema de estudio de la acción en las representaciones mentales y en la memoria serán una parte importante en este capítulo.

Recapitulando los resultados de los experimentos expuestos ¿Que puede concluirse acerca de la implicación directa y necesaria de los sistemas motores en las representaciones semánticas y en su papel en la memoria? La tesis tuvo como objetivo analizar la implicación de la acción en las representaciones semánticas y su papel en el proceso de memoria, específicamente durante el periodo de consolidación. Sin embargo, en ninguno de los cinco experimentos se observó el efecto de congruencia esperado. El primer experimento consistió en una réplica del experimento de van Dam y colaboradores (2013). En el segundo y el tercer experimento se introdujo una manipulación del nivel de procesamiento durante la codificación. En los experimentos posteriores se presentó previamente a la palabra un video del objeto siendo manipulado (Experimento 4) o una imagen junto a la palabra (Experimento 5). Nuevamente, en ninguno de los experimentos se observó el efecto de congruencia. De los resultados obtenidos en los 5 experimentos que se han llevado a cabo, podemos extraer varias conclusiones que se comentaran a continuación.

- 1) En contra de la hipótesis original sobre la potencial influencia de la acción en la

memoria, ninguno de los cinco experimentos mostró evidencia del efecto de congruencia motora entre el recuerdo de palabras congruentes frente a palabras incongruentes. La ejecución motora post aprendizaje no favorece la memoria a largo plazo del material verbal relacionado.

- 2) La ejecución posterior de una acción congruente con material verbal aprendido previamente no reactiva automáticamente los códigos motores asociados a su representación mental con la presentación de los estímulos aislados o descontextualizados. Aunque también pudiera ser que el efecto de congruencia no fuera suficientemente grande para apreciarse con nuestro procedimiento.
- 3) La falta de replicabilidad del efecto de congruencia motora no es evidencia de que las características sensorio-motoras no son parte fundamental de las representaciones conceptuales, y por tanto como prueba para rechazar las teorías corpóreas. La obtención de resultados negativos no significa necesariamente que las propuestas corpóreas no sean válidas, sino que las condiciones experimentales utilizadas no han sido las mejores para replicar los resultados positivos.
- 4) La aplicación del paradigma de congruencia motora puede observarse en distintos campos, en el campo de las ciencias cognitivas para poner a prueba empíricamente las hipótesis de las teorías corpóreas; y en el campo de la memoria para aumentar la comprensión del papel de la acción en las representaciones mentales.
- 5) El grado de implicación de los sistemas sensoriales y motores en las representaciones semánticas no es completo. La evidencia revisada es consistente con las posturas corpóreas más débiles que sostienen que los conceptos se localizan en regiones semánticas distribuidas. De ahí que las representaciones mentales se caracterizan por ser flexibles al estar compuestas por características distribuidas y reclutadas dependiendo de las demandas situacionales.

- 6) El paradigma de congruencia motora supone una novedosa utilización en el campo de la consolidación permite identificar algunos factores que no modulan la retención a largo plazo de palabras asociadas a la acción. Además, podría contribuir a la creación de una nueva línea de investigación relacionada con la memoria de acción.
- 7) El nivel de procesamiento no mostró un efecto modulador del efecto de congruencia en la memoria. La evidencia contradice la hipótesis formulada por Madan y Singhal (2012) de que el procesamiento de las palabras a nivel superficial podría favorecer la aparición de efectos de congruencia motora.
- 8) La importancia de las características individuales en el proceso de memorización. Los resultados sugieren que la acción no mejora el reconocimiento de palabras relacionadas con la acción en personas con mayor destreza manual. De ahí que la destreza manual no es un factor que favorezca la aparición del efecto de congruencia motora.
- 9) El efecto positivo de la acción en la memoria no depende de la prueba de memoria utilizada en la investigación. Las pruebas de memoria utilizadas en esta serie experimental demuestran que la utilización de una prueba de recuerdo libre, y de reconocimiento no influyen en la observación del efecto de la acción sobre la memoria.
- 10) Las condiciones experimentales utilizadas pudieron no ser las mejores para replicar el efecto de congruencia. Entre las dificultades metodológicas se pueden distinguir la falta de consistencia del material utilizado con el original y las muestras pequeñas de participantes.

Concluyo mostrando un interés especial por el desarrollo de las actuales técnicas de neuroimagen funcional y el creciente interés por el papel de la percepción y la acción en la cognición. Este enfoque ha estimulado nuevos temas de debate y, en consecuencia, el desarrollo de posturas teóricas alternativas, como las corpóreas débiles y secundarias. Teniendo en cuenta que el grado de implicación de los sistemas motores en la

representación del significado continúa siendo un punto controvertido, considero que los resultados obtenidos en esta tesis, aunque no son concluyentes, apoyan las posiciones teóricas débiles y secundarias. Estas teorías consideran que la activación depende de las demandas de la tarea y asumen cierta flexibilidad de las representaciones semánticas. De ahí que un enfoque más prometedor en la comprensión de las representaciones serían las nuevas posturas teóricas híbridas que integran postulados tanto de las teorías simbólicas como corpóreas, debido a que brindan explicaciones conciliadoras para las discusiones actuales.

En síntesis, los resultados obtenidos ofrecen un interesante punto de apoyo en el que cimentar futuras investigaciones que traten de dilucidar la controversia sobre el papel de la acción en las representaciones semánticas y en la memoria. Para ello sería necesario continuar esta línea de investigación procurando resolver los problemas encontrados durante la realización de esta serie de estudios, afianzando la utilización del paradigma de congruencia motora, trabajando con muestras mayores y realizando investigaciones no solo exploratorias que permitan confirmar nuevos hallazgos, así como replicar efectos conocidos. De ahí que futuras investigaciones deberían centrarse en realizar más investigaciones que intenten replicar efectos aceptados por la comunidad científica. Espero que estudios como el realizado para esta tesis sirvan como punto de apoyo para la realización de futuros experimentos al respecto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson J.R. (1983). *The Architecture of Cognition*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, Incorporate.
- Anderson, A. J., Zinszer, B., & Raizada, R. D. S. (2016). Representational similarity encoding for fMRI: Pattern-based synthesis to predict brain activity using stimulus-model-similarities. *NeuroImage*, 128, 44–53. doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.12.035
- Anderson, J. R. (1990). *The adaptive character of thought*. Mahwah, NJ: Psychology Press
- Apel, J. K., Cangelosi, A., Ellis, R., Goslin, J., & Fischer, M. H. (2012). Object affordance influences instruction span. *Experimental Brain Research*, 223(2), 199-206. doi:10.1007/s00221-012-3251-0.
- Aravena, P., Courson, M., Frak, V., Cheylus, A., Paulignan, Y., Deprez, V., & Nazir, T. (2014). Action relevance in linguistic context drives word-induced motor activity. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 163. doi:10.3389/fnhum.2014.00163.
- Arevalo A., Perani D., Cappa S. F, Butler A., Bates E., & Dronkers, N. (2007). Action and object processing in aphasia: From nouns and verbs to the effect of manipulability. *Brain and Language*, 100(1), 79-94. doi:.10.1016/j.bandl.2006.06.012
- Armstrong, E. A., & Crago, S. M. (2006). Movements and memory: The making of the Stonewall myth. *American Sociological Review*, 71(5), 724-751. doi:10.1177/000312240607100502
- Bäckman, L., & Nilsson, L. G. (1984). Aging effects in free recall: An exception to the rule. *Human Learning: Journal of Practical Research & Applications*, 3(1), 53–69
- Bäckman, L., Nilsson, L. G., & Chalom, D. (1986). New evidence on the nature of the encoding of action events. *Memory & Cognition*, 14(4), 339–346. doi:10.3758/BF03202512

- Baddeley, A. D. (1966). Short-term memory for word sequences as a function of acoustic, semantic and formal similarity. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *18*, 362-365. doi:10.1080/14640746608400055
- Bak, T. H., O'Donovan, D. G., Xuereb, J. H., Boniface, S., & Hodges, J. R. (2001). Selective impairment of verb processing associated with pathological changes in Brodmann areas 44 and 45 in the motor neurone disease-dementia-aphasia syndrome. *Brain*, *124*(1), 103-120. doi: 10.1093/brain/124.1.103
- Bak, T. H., Yancopoulou, D., Nestor, P. J., Xuereb, J. H., Spillantini, M. G., Pulvermüller, F., & Hodges, J. R. (2006). Clinical, imaging and pathological correlates of a hereditary deficit in verb and action processing. *Brain*, *129*(2), 321-332. doi: 10.1093/brain/awh701
- Balderas, I., Rodriguez-Ortiz, C. J., & Bermudez-Rattoni, F. (2015). Consolidation and reconsolidation of object recognition memory. *Behavioural Brain Research*, *285*, 213-222. doi:10.1016/j.bbr.2014.08.049
- Bar, M., & Aminoff, E. (2003). Cortical analysis of visual context. *Neuron*, *38*(2), 347-358. doi: 10.1016/S0896-6273(03)00167-3
- Barclay, J. R., Bransford, J. D., Franks, J. J., McCarrel, N. S., & Nitsch, K. (1974). Comprehension and semantic flexibility. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, *13*(4), 471-481. doi:10.1016/S0022-5371(74)80024-1
- Barlow, H. B. (1972). Single units and sensation: a neuron doctrine for perceptual psychology? *Perception*, *1*(4), 371-394. doi:10.1068/p010371
- Barsalou, L. W. (1982). Context-independent and context-dependent information in concepts. *Memory & Cognition*, *10*(1), 82-93. doi: 10.3758/BF03197629
- Barsalou, L. W. (1999). Perceptual symbol systems. *Behavioural and Brain Sciences*, *22*(04), 577-660. doi:10.1017/S0140525X99232141

- Barsalou, L. W. (2005). Situated conceptualization. En *Handbook of categorization in cognitive science* (pp. 619-650). Elsevier Science Ltd. doi:10.1016/B978-008044612-7/50083-4
- Barsalou, L. W. (2008). Grounded cognition. *Annual Review of Psychology*, 59, 617-645. doi: 10.1146/annurev.psych.59.103006.093639
- Barsalou, L. W. (2009). Simulation, situated conceptualization, and prediction. *Philosophical Transactions of the Royal Society of Londres B: Biological Sciences*, 364(1521), 1281-1289. doi:10.1098/rstb.2008.0319
- Barsalou, L. W. (2010). Grounded Cognition: Past, Present, and Future. *Topics in Cognitive Science*, 2(4), 716-724. doi:10.1111/j.1756-8765.2010.01115
- Barsalou, L. W. (2016). On staying grounded and avoiding quixotic dead ends. *Psychonomic Bulletin & Review*, 23(4). doi:10.3758/s13423-016-1028-3
- Barsalou, L. W. (2020). Challenges and Opportunities for Grounding Cognition. *Journal of Cognition*, 3(1): 31, 1–24. doi: 10.5334/joc.116
- Barsalou, L. W., & Wiemer-Hastings, K. (2005). Situating abstract concepts. En Pecher D. & Zwaan R. (Eds), *Grounding cognition: The role of perception and action in memory, language, and thought*. (pp. 129-163). New York: Cambridge University Press.
- Barsalou, L. W., Simmons, W. K, Barbey, A. K., & Wilson, C. D. (2003). Grounding conceptual knowledge in modality-specific systems. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(2), 84–91. doi:10.1016/S1364-6613(02)00029-3
- Barsalou, L.W. (1982). Context-independent and context-dependent information in concepts. *Memory & Cognition* 10 (1), 82–93. doi:10.3758/BF03197629
- Bedny, M., Caramazza, A., Grossman, E., Pascual-Leone, A., & Saxe, R. (2008). Concepts are more than percepts: the case of action verbs. *Journal of Neuroscience*, 28(44), 11347-11353. doi: 10.1523/JNEUROSCI.3039-08.2008

- Bedny, M., Caramazza, A., Pascual-Leone, A., & Saxe, R. (2012). Typical neural representations of action verbs develop without vision. *Cerebral Cortex*, *22*(2), 286–293. doi:10.1093/cercor/bhr081
- Beilock, S. L., Lyons, I. M., Mattarella-Micke, A., Nusbaum, H. C., & Small, S. L. (2008). Sports experience changes the neural processing of action language. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *105*(36), 13269-13273. doi: 10.1073/pnas.0803424105
- Bergen, B. K., Lindsay, S., Matlock, T., & Narayanan, S. (2007). Spatial and linguistic aspects of visual imagery in sentence comprehension. *Cognitive Science*, *31*(5), 733-764. doi:10.1080/03640210701530748
- Bollen, K., Cacioppo, J. T., Kaplan, R. M., Krosnick, J. A., & Olds, J. L. (2015). Social, behavioral, and economic sciences perspectives on robust and reliable science. *Report of the subcommittee on replicability in science, advisory committee to the National Science Foundation Directorate for social, behavioural, and economic sciences*, *3* (4), 1-29.
- Borreggine, K. L., & Kaschak, M. P. (2006). The action–sentence compatibility effect: It's all in the timing. *Cognitive Science*, *30*(6), 1097-1112. doi: 10.1207/s15516709cog0000\_91
- Boulenger, V., Hauk, O., & Pulvermüller, F. (2009). Grasping ideas with the motor system: semantic somatotopy in idiom comprehension. *Cerebral Cortex*, *19*(8), 1905-1914. doi:10.1093/cercor/bhn217
- Boulenger, V., Mechtouff, L., Thobois, S., Broussolle, E., Jeannerod, M., & Nazir, T. A. (2008). Word processing in Parkinson's disease is impaired for action verbs but not for concrete nouns. *Neuropsychologia*, *46*(2), 743-756. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2007.10.007
- Boulenger, V., Roy, A. C., Paulignan, Y., Deprez, V., Jeannerod, M., & Nazir, T. A. (2006). Cross-talk between language processes and overt motor behavior in the first 200 ms of processing. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *18*(10), 1607–1615. doi: 10.1162/jocn.2006.18.10.1607

- Bowers, J. S. (2009). On the biological plausibility of grandmother cells: implications for neural network theories in psychology and neuroscience. *Psychological Review*, *116*(1), 220. doi: 10.1037/a0014462
- Bransford, J. D., & Johnson, M. K. (1973). Considerations of some problems of comprehension. En W.G. Chase (Ed.), *Visual information processing* (pp. 383-438). Pittsburgh: Academic Press. doi:10.1016/B978-0-12-170150-5.50014-7
- Brown, G. D., Neath, I., & Chater, N. (2007). A temporal ratio model of memory. *Psychological Review*, *114*(3), 539. doi:10.1037/0033-295X.114.3.539
- Brown, M. W., & Aggleton J. P. (2001). Recognition memory: what are the roles of the perirhinal cortex and hippocampus. *Nature Reviews Neuroscience*, *2* (1), 51–61. doi:10.1038/35049064
- Buccino, G., Riggio, L., Melli, G., Binkofski, F., Gallese, V., & Rizzolatti, G. (2005). Listening to action-related sentences modulates the activity of the motor system: A combined TMS and behavioral study. *Cognitive Brain Research*, *24*(3), 355-363. doi:10.1016/j.cogbrainres.2005.02.020
- Burgess, C., Livesay, K., & Lund, K. (1998). Explorations in context space: Words, sentences, discourse. *Discourse Processes*, *25*(2-3), 211-257. doi:10.1080/01638539809545027
- Buxbaum, L. J., & Saffran, E. M. (2002). Knowledge of object manipulation and object function: dissociations in apraxic and nonapraxic subjects. *Brain and Language*, *82*(2), 179-199. doi:10.1016/S0093-934X(02)00014-7
- Buxbaum, L. J., Veramontil, T., & Schwartz, M. F. (2000). Function and manipulation tool knowledge in apraxia: knowing ‘what for’but not ‘how’. *Neurocase*, *6*(2), 83-97. doi: 10.1080/13554790008402763
- Canits, I., Pecher, D., & Zeelenberg, R. (2018). Effects of grasp compatibility on long-term memory for objects. *Acta Psychologica*, *182*, 65-74. doi:10.1016/j.actpsy.2017.11.009

- Caramazza A. & Shelton J. R. (1998). Domain-specific knowledge systems in the brain: The animate e inanimate distinction. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10(1): 1-34. doi: 10.1162/089892998563752
- Carey, S., & Spelke, E. S. (1994). Domain specific knowledge and conceptual change. En L. Hirschfeld & S. Gelman (Eds.), *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture* (pp. 169–200). Cambridge: Cambridge University Press.
- Casasanto, D. (2011). Different bodies, different minds the body specificity of language and thought. *Current Directions in Psychological Science*, 20(6), 378-383. doi:10.1177/0963721411422058
- Clapin, H., Staines, P., & Slezak, P. (Eds.) (2004). *Representation in mind: New approaches to mental representation*. Londres, Reino Unido: Elsevier
- Clark, H. H., & Marshall, C. R. (1981). Definite reference and mutual knowledge. En Joshi, A., Webber, B. and Sag, I. (eds.), *Elements of Discourse Understanding* (pp. 10–63). Cambridge: University Press.
- Cohen, R. L. (1981). On the generality of some memory laws. *Scandinavian Journal of Psychology*, 22(1), 267-281. doi:10.1111/j.1467-9450.1981.tb00402.x
- Cohen, R. L. (1985). On the generality of laws of memory. En Nilsson, L.-G., and Archer, T. (eds.), *Perspectives on Learning and Memory* (pp. 247–277). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Cohen, R. L. (1989). Memory for action events: The power of enactment. *Educational Psychology Review*, 1(1), 57-80. doi:10.1007/BF01326550
- Cohen, R. L., & Bean, G. (1983). Memory in educable mentally retarded adults: Deficit in subject or experimenter? *Intelligence*, 7(3), 287-298. doi:10.1016/0160-2896(83)90019-3
- Cohen, R. L., & Bean, G. (1983). Memory in educable mentally retarded adults: Deficit in subject or experimenter? *Intelligence*, 7(3), 287-298. doi: 10.1016/0160-2896(83)90019-3

- Cohen, R. L., & Stewart, M. (1982). How to avoid developmental effects in free recall. *Scandinavian Journal of Psychology*, 23(1), 9-15. doi: 10.1111/j.1467-9450.1982.tb00408.x
- Cohen, R. L., Sandler, S. P., & Schroeder, K. (1987). Aging and memory for words and action events: effects of item repetition and list length. *Psychology and Aging*, 2(3), 280. doi:10.1037/0882-7974.2.3.280
- Collins, A. M., & Loftus, E. F. (1975). A spreading-activation theory of semantic processing. *Psychological Review*, 82(6), 407–428. doi: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. doi: 10.1016/S0022-5371(69)80069-1
- Cornoldi, C., Corti, M. T., & Helstrup, T. (1994). Do you remember what you imagined you would do in that place? The motor encoding cue-failure effect in sighted and blind people. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 47(2), 311-329. doi:10.1080/14640749408401114
- Cotelli, M., Borroni, B., Manenti, R., Alberici, A., Calabria, M., Agosti, C., ... & Zanetti, O. (2006). Action and object naming in frontotemporal dementia, progressive supranuclear palsy, and corticobasal degeneration. *Neuropsychology*, 20(5), 558. doi: 10.1037/0894-4105.20.5.558
- Cox, D. D., & Savoy, R. L. (2003). Functional magnetic resonance imaging (fMRI) “brain reading”: detecting and classifying distributed patterns of fMRI activity in human visual cortex. *Neuroimage*, 19(2), 261-270. doi: 10.1016/S1053-8119(03)00049-1
- Craik, F. I. M., & Lockhart, R. S. (1972). Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour*, 11(6), 671-684. doi:10.1016/S0022-5371(72)80001-X

- Craik, F. I., & Tulving, E. (1975). Depth of processing and the retention of words in episodic memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 104(3), 268. doi:10.1037/0096-3445.104.3.268
- Crane, T. (2016). *The mechanical mind: A philosophical introduction to minds, machines and mental representation* (3rd Edition). New York: Routledge, Taylor & Francis Group.
- Cree, G. S., & McRae, K. (2003). Analyzing the factors underlying the structure and computation of the meaning of chipmunk, cherry, chisel, cheese, and cello (and many other such concrete nouns). *Journal of Experimental Psychology: General*, 132(2), 163–201. doi: 10.1037/0096-3445.132.2.163
- Creem, S. H., & Proffitt, D. R. (2001). Grasping objects by their handles: A necessary interaction between cognition and action. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27(1), 218-228. doi:10.1037/0096-1523.27.1.218
- Crescentini, C., Mondolo, F., Biasutti, E., & Shallice, T. (2008). Supervisory and routine processes in noun and verb generation in nondemented patients with Parkinson's disease. *Neuropsychologia*, 46(2), 434-447. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2007.08.021
- Creutzfeldt, O., Ojemann, G., & Lettich, E. (1989). Neuronal activity in the human lateral temporal lobe. *Experimental Brain Research*, 77(3), 451-475. doi: 10.1007/BF00249600
- Crutch, S. J., & Warrington, E. K. (2003). The selective impairment of fruit and vegetable knowledge: A multiple processing channels account of fine-grain category specificity. *Cognitive Neuropsychology*, 20(30-36), 355–372. doi: 10.1080/02643290244000220
- Chao, L. L., & Martin, A. (2000). Representation of manipulable man-made objects in the Dorsal Stream. *NeuroImage*, 12(4), 478-484. doi:10.1006/nimg.2000.0635

- Chao, L. L., Haxby, J. V., & Martin, A. (1999). Attribute-based neural substrates in temporal cortex for perceiving and knowing about objects. *Nature Neuroscience*, 2(10), 913-919. doi:10.1038/13217
- Chao, L. L., Weisberg, J., & Martin, A. (2002). Experience-dependent modulation of category related cortical activity. *Cerebral Cortex*, 12(5), 545–551. doi: 10.1093/cercor/12.5.545
- Chatterjee, A. (2010). Disembodying cognition. *Language and Cognition*, 2(1), 79-116. doi: 10.1515/langcog.2010.004
- Damasio A. R., & Damasio H. (1994). Cortical systems for retrieval of concrete knowledge: The convergence zone framework. En Koch C & Davis J.L. (Eds.), *Large-scale Neuronal Theories of the Brain*. Londres: MIT Press.
- Damasio A. R. (1989) The brain binds entities and events by multiregional activation from convergence zones. *Neural Computation*, 1(1), 123-132. doi: 10.1162/neco.1989.1.1.123
- Damasio, H., Tranel, D., Grabowski, T., Adolphs, R., & Damasio, A. (2004). Neural systems behind word and concept retrieval. *Cognition*, 92(1-2), 179-229. doi: 10.1016/j.cognition.2002.07.001
- Daniele, A., Giustolisi, L., Silveri, M. C., Colosimo, C., & Gainotti, G. (1994). Evidence for a possible neuroanatomical basis for lexical processing of nouns and verbs. *Neuropsychologia*, 32(11), 1325-1341. doi:0028-3932(94)00066-2
- de Vega, M. (2005). Language, embodiment, and brain: Critical review. *Revista signos*, 38(58), 157-176. doi:10.4067/S0718-09342005000200002
- de Vega, M., Glenberg, A., & Graesser, A. (2008). *Symbols and Embodiment Debates on meaning and cognition*. Londres: Oxford University Press. doi:10.1093/acprof:oso/9780199217274.001.0001

- De Volder, A. G., Toyama, H., Kimura, Y., Kiyosawa, M., Nakano, H., Vanlierde, A., ... & Senda, M. (2001). Auditory triggered mental imagery of shape involves visual association areas in early blind humans. *Neuroimage*, *14*(1), 129-139. doi: 10.1006/nimg.2001.0782
- Dehaene, S. (2011). *The number sense* (2da ed.). New York, NY: Oxford University Press.
- Delgado-Pilozo, M. E. (2016). Habilidad manual con visión indirecta en estudiantes de odontología. *Dominio de las Ciencias*, *2*(3), 33-44. doi:10.23857/dc.v2i3.63
- Desai, R. H., Binder, J. R., Conant, L. L., & Seidenberg, M. S. (2010). Activation of sensory–motor areas in sentence comprehension. *Cerebral Cortex*, *20*(2), 468-478. doi:10.1093/cercor/bhp115
- Devlin, J. T., & Watkins, K. E. (2007). Stimulating language: insights from TMS. *Brain*, *130*(3), 610-622. doi: 10.1093/brain/awl331
- Devlin, J. T., Russell, R. P., Davis, M. H., Price, C. J., Moss, H. E., Fadili, M. J., & Tyler, L. K. (2002). Is there an anatomical basis for category-specificity? Semantic memory studies in PET and fMRI. *Neuropsychologia*, *40*(1), 54-75. doi: 10.1016/S0028-3932(01)00066-5
- Downing-Doucet, F., & Guérard, K. (2014). A motor similarity effect in object memory. *Psychonomic Bulletin & Review*, *21*(4), 1033-1040. doi:10.3758/s13423-013-0570-5
- Downing, P. E., Jiang, Y., Shuman, M., & Kanwisher, N. (2001). A cortical area selective for visual processing of the human body. *Science*, *293*(5539), 2470–2473. doi: 10.1126/science.1063414
- Duchaine, B. C., Yovel, G., Butterworth, E. J., & Nakayama, K. (2006). Prosopagnosia as an impairment to face-specific mechanisms: Elimination of the alternative hypotheses in a developmental case. *Cognitive Neuropsychology*, *23*(5), 714–747. doi: 10.1080/02643290500441296

- Duchon, A., Perea, M., Sebastián-Gallés, N., Martí, A., & Carreiras, M. (2013). EsPal: One-stop shopping for Spanish word properties. *Behavior Research Methods*, 45(4), 1246–1258. doi:10.3758/s13428-013-0326-1
- Engelkamp, J. (1986). Nouns and verbs in paired-associate learning: Instructional effects. *Psychological Research*, 48(3), 153-159. doi:10.1007/BF00309163
- Engelkamp, J. (1995). Visual imagery and enactment of actions in memory. *British Journal of Psychology* 86 (2), 227–240. doi: 10.1111/j.2044-8295.1995.tb02558.x
- Engelkamp, J. (1998). *Memory for actions*. Hove: Psychology Press.
- Engelkamp, J., & Dehn, D.M. (1997). Strategy and consciousness in remembering subject-performed actions. *Sprache & Kognition*, 16, 94 -109. <http://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=2877430>
- Engelkamp, J., & Krumnacker, H. (1980). Image-and motor-processes in the retention of verbal materials. *Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie*.
- Engelkamp, J., & Zimmer, H. D. (1983). The influence of perception and performance on the recall of verb-object phrases.]. *Sprache & Kognition*, 2(2), 117-127
- Engelkamp, J., & Zimmer, H. D. (1984). Motor programme information as a separable memory unit. *Psychological Research*, 46(3), 283-299. doi:10.1007/BF00308889
- Engelkamp, J., & Zimmer, H. D. (1985). Motor programs and their relation to semantic memory. *German Journal of Psychology*, 9, 239-254
- Engelkamp, J., & Zimmer, H. D. (1989). Memory for action events: A new field of research. *Psychological Research*, 51(4), 153–157. doi:10.1007/BF00309142
- Engelkamp, J., & Zimmer, H. D. (1994). Motor similarity in subject-performed tasks. *Psychological Research*, 57(1), 47-53. doi:10.1007/BF00452995

- Engelkamp, J., Zimmer, H. D., & Biegelmann, U. E. (1993). Bizarreness effects in verbal tasks and subject-performed tasks. *European Journal of Cognitive Psychology*, 5(4), 393-415. doi:10.1080/09541449308520127
- Farah, M. J., & McClelland, J. L. (1991). A computational model of semantic memory impairment: Modality specificity and emergent category specificity. *Journal of Experimental Psychology: General*, 120(4), 339–357. doi:10.1037/0096-3445.120.4.339
- Fischer, M. H., & Zwaan, R. A. (2008). Embodied language: A review of the role of the motor system in language comprehension. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61(6), 825-850. doi:10.1080/17470210701623605
- Fodor, J. A. (1975). *The language of thought (5)*. Cambridge: Harvard university press.
- Gainotti, G. (2004). A metanalysis of impaired and spared naming for different categories of knowledge in patients with a visuo-verbal disconnection. *Neuropsychologia*, 42(3), 299-319. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2003.08.006
- Gainotti, G. (2006). Anatomical functional and cognitive determinants of semantic memory disorders. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 30(5), 577-594. doi: 10.1016/j.neubiorev.2005.11.001
- Gainotti, G., Silveri, M. C., Daniel, A., & Giustolisi, L. (1995). Neuroanatomical correlates of category-specific semantic disorders: A critical survey. *Memory*, 3(3-4), 247-263. doi: 10.1080/09658219508253153
- Gallese, V., & Lakoff, G. (2005). The Brain's concepts: The role of the Sensory-motor system in conceptual knowledge. *Cognitive Neuropsychology*, 22(3–4), 455–479. doi:10.1080/02643290442000310

- Garagnani, M., Wennekers, T., & Pulvermüller, F. (2008). A neuroanatomically grounded Hebbian-learning model of attention–language interactions in the human brain. *European Journal of Neuroscience*, 27(2), 492-513. doi: 10.1111/j.1460-9568.2008.06015.x
- Garcea, F. E., Dombovy, M., & Mahon, B. Z. (2013). Preserved tool knowledge in the context of impaired action knowledge: Implications for models of semantic memory. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 1–18. doi: 10.3389/fnhum.2013.00120
- Gazzaniga, M. S., Ivry, R. B., & Mangun, G. R. (2014). *Cognitive Neuroscience. The biology of the mind*, third international student edition. Londres: W.W. Norton & Company.
- Gerlach, C. (2007). A review of functional imaging studies on category specificity. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(2), 296-314. doi:10.1162/jocn.2007.19.2.296
- Gerlach, C., Law, I., & Paulson, O. B. (2002). When action turns into words. Activation of motor-based knowledge during categorization of manipulable objects. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14(8), 1230-1239. doi: 10.1162/089892902760807221
- Gibson, J. J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Boston: Houghton Mifflin.
- Glenberg, A. M. (1997). What memory is for. *Behavioural and Brain Sciences*, 20(1), 1-19. doi:10.1017/S0140525X97000010
- Glenberg, A. M. (2010). Embodiment as a unifying perspective for psychology. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 1(4), 586-596. doi:10.1002/wcs.55
- Glenberg, A. M., & Kaschak, M. P. (2002). Grounding language in action. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(3), 558–565. doi:10.3758/BF03196313
- Glenberg, A. M., & Kaschak, M. P. (2003). The body's contribution to language. En B. H. Ross (Ed.), *Psychology of learning and motivation*, 43, (pp. 93-126). Londres: Academic Press.

- Glenberg, A. M., & Robertson, D. A. (2000). Symbol grounding and meaning: A comparison of high-dimensional and embodied theories of meaning. *Journal of Memory and Language*, 43(3), 379-401. doi:10.1006/jmla.2000.2714
- Glenberg, A. M., Sato, M., & Cattaneo, L. (2008). Use-induced motor plasticity affects the processing of abstract and concrete language. *Current Biology*, 18(7), R290-R291. doi: 10.1016/j.cub.2008.02.036. PMID: 18397734
- Glenberg, A. M., Witt, J. K., & Metcalfe, J. (2013). From the revolution to embodiment 25 years of cognitive psychology. *Perspectives on Psychological Science*, 8(5), 573-585. doi:10.1177/1745691613498098
- Glenberg, A., Vega, M. D., & Graesser, A. C. (2012). Framing the debate. En M. de Vega, A. Glenberg, & A. C. Graesser (Eds.), *Symbols and embodiment: Debates on meaning and cognition*. Oxford: Oxford University Press. doi:10.1093/acprof:oso/9780199217274.003.0001
- Goldberg, R. F., Perfetti, C. A., & Schneider, W. (2006). Perceptual knowledge retrieval activates sensory brain regions. *Journal of Neuroscience*, 26(18), 4917-4921. doi: 10.1523/JNEUROSCI.5389-05.2006
- González, J., Barros-Loscertales, A., Pulvermüller, F., Meseguer, V., Sanjuán, A., Belloch, V., & Ávila, C. (2006). Reading cinnamon activates olfactory brain regions. *Neuroimage*, 32(2), 906-912. doi: 10.1016/j.neuroimage.2006.03.037
- Grabowski, T. J., Damasio, H., & Damasio, A. R. (1998). Premotor and prefrontal correlates of category-related lexical retrieval. *Neuroimage*, 7(3), 232-243. doi: 10.1006/nimg.1998.0324
- Grill-Spector, K., & Malach, R. (2004). The human visual cortex. *Annual Review of Neuroscience*, 27, 649-677. doi:10.1146/annurev.neuro.27.070203.144220

- Guérard, K., & Lagacé, S. (2014). A motor isolation effect: when object manipulability modulates recall performance. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *67*(12), 2439-2454. doi:10.1080/17470218.2014.932399
- Hart, J., & Gordon, B. (1992). Neural subsystems for object knowledge. *Nature*, *359*(6390), 60-64. doi:10.1038/359060a0
- Hauk, O., & Pulvermueller, F. (2004). Neurophysiological distinction of action words in the fronto-central cortex. *Human Brain Mapping*, *21*(3), 191–201. doi:10.1002/hbm.10157
- Hauk, O., Shtyrov, Y., & Pulvermüller, F. (2008). The time course of action and action-word comprehension in the human brain as revealed by neurophysiology. *Journal of Physiology-Paris*, *102*(1-3), 50-58. doi:10.1016/j.jphysparis.2008.03.013
- Haxby, J. V., Gobbini, M. I., Furey, M. L., Ishai, A., Schouten, J. L., & Pietrini, P. (2001). Distributed and overlapping representations of faces and objects in ventral temporal cortex. *Science*, *293*(5539), 2425– 2430. doi: 10.1126/science.1063736
- Helbig, H. B., Graf, M., & Kiefer, M. (2006). The role of action representations in visual object recognition. *Experimental Brain Research*, *174*(2), 221-228. doi: 10.1007/s00221-006-0443-5
- Helstrup, T. (1986). Separate memory laws for recall of performed acts? *Scandinavian Journal of Psychology*, *27*(1), 1-29. doi:10.1111/j.1467-9450.1986.tb01183.x
- Helstrup, T. (1987). One, two, or three memories? A problem-solving approach to memory for performed acts. *Acta Psychologica*, *66*(1), 37-68. doi:10.1016/0001-6918(87)90017-5
- Helstrup, T. (1989). Memory for performed and imaged noun pairs and verb pairs. *Psychological Research*, *50*(4), 237-240. doi:10.1007/BF00309258

- Hickok, G. (2009). Eight problems for the mirror neuron theory of action understanding in monkeys and humans. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21(7), 1229–1243. doi: 10.1162/jocn.2009.21189
- Hickok, G. (2014). *The myth of mirror neurons: The real neuroscience of communication and cognition*. New York: W.W. Norton.
- Hodges, J. R., Patterson, K., Oxbury, S., & Funnell, E. (1992). Semantic dementia: Progressive fluent aphasia with temporal lobe atrophy. *Brain*, 115(6), 1783-1806. doi:10.1093/brain/115.6.1783
- Hoenig, K., Sim, E. J., Bochev, V., Herrnberger, B., & Kiefer, M. (2008). Conceptual flexibility in the human brain: dynamic recruitment of semantic maps from visual, motor, and motion-related areas. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20(10), 1799-1814. doi:10.1162/jocn.2008.20123
- Holt, L. E., & Beilock, S. L. (2006). Expertise and its embodiment: examining the impact of sensorimotor skill expertise on the representation of action-related text. *Psychonomic Bulletin and Review*, 13(4), 694-701. doi: 10.3758/BF03193983
- Humphreys, G. W., & Forde, E. M. (2001). Hierarchies, similarity, and interactivity in object recognition: “Category-specific” neuropsychological deficits. *Behavioral and Brain Sciences*, 24(3), 453-476. doi:10.1146/annurev.psych.60.110707.163532
- Isenberg, N., Silbersweig, D., Engelen, A., Emmerich, S., Malavade, K., Beattie, B. A., ... & Stern, E. (1999). Linguistic threat activates the human amygdala. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96(18), 10456-10459. doi:10.1073/pnas.96.18.10456
- James, T. W., & Gauthier, I. (2003). Auditory and action semantic features activate sensory-specific perceptual brain regions. *Current Biology*, 13(20), 1792-1796. doi: 10.1016/j.cub.2003.09.039

- JASP. (2014). Retrieved from <https://jasp-stats.org/>
- Jeannerod, M. (2001). Neural simulation of action: a unifying mechanism for motor cognition. *NeuroImage, 14*, S103-109. doi:10.1006/nimg.2001.0832
- Jefferies, E., Patterson, K., Jones, R. W., & Lambon Ralph, M. A. (2009). Comprehension of concrete and abstract words in semantic dementia. *Neuropsychology, 23*(4), 492. doi: 10.1037/a0015452
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness* (6). Cambridge: Harvard University Press.
- Johnson-Laird, P. N. (1987). Modelos en ciencia cognitiva. En D. Norman & N. Sebastian (eds). *Perspectivas de la ciencia cognitiva*. (pp. 179-232). Barcelona: Paidós.
- Johnson-Laird, P. N. (1993). *The computer and the mind: An introduction to cognitive science*. Glasgow: Fontana Press.
- Jones, L., & Stuth, G. (1997). The uses of mental imagery in athletics: An overview. *Applied and Preventive Psychology, 6*(2), 101-115. doi:10.1016/S0962-1849(05)80016-2
- Kan, I. P., Barsalou, L. W., Olseth Solomon, K., Minor, J. K., & Thompson-Schill, S. L. (2003). Role of mental imagery in a property verification task: fMRI evidence for perceptual representations of conceptual knowledge. *Cognitive Neuropsychology, 20*(3-6), 525-540. doi: 10.1080/02643290244000257
- Kausler, D. H. (1989). Impairment in normal memory aging: Implications of laboratory evidence. En G.C. Gilmore, P. J. Whitehouse, & M. L. Wykle (Eds.), *Memory aging and dementia*, (pp. 41-73). New York: Springer.
- Kausler, D. H., Lichty, W., Hakami, M. K., & Freund, J. S. (1986). Activity duration and adult age differences in memory for activity performance. *Psychology and Aging, 1*(1), 80. doi:10.1037/0882-7974.1.1.80

- Kellenbach, M. L., Brett, M., & Patterson, K. (2003). Actions speak louder than functions: the importance of manipulability and action in tool representation. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *15*(1), 30-46. doi:10.1162/089892903321107800
- Kemmerer, D., Miller, L., MacPherson, M. K., Huber, J., & Tranel, D. (2013). An investigation of semantic similarity judgments about action and non-action verbs in Parkinson's disease Implications for the Embodied Cognition Framework. *Frontiers in Human Neuroscience*, *7*, 146. doi:10.3389/fnhum.2013.00146
- Kemmerer, D., Rudrauf, D., Manzel, K., & Tranel, D. (2012). Behavioral patterns and lesion sites associated with impaired processing of lexical and conceptual knowledge of actions. *Cortex*, *48*(7), 826-848. doi:/10.1016/j.cortex.2010.11.001.
- Kiefer M. (2005). Repetition priming modulates category-related effects on event-related potentials: Further evidence for multiple cortical semantic systems. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *17*(2): 199-211. doi:10.1162/0898929053124938
- Kiefer, M. (2001). Perceptual and semantic sources of category-specific effects: Event-related potentials during picture and word categorization. *Memory & Cognition*, *29*(1), 100-116. doi:10.3758/BF03195745
- Kiefer, M., & Barsalou, L. W. (2011). Grounding the human conceptual system in perception, action, and introspection. En Prinz W., Beisert M., & Herwig A. (Eds), *Tutorials in action science*. Cambridge: MIT Press.
- Kiefer, M., & Pulvermüller, F. (2012). Conceptual representations in mind and brain: Theoretical developments, current evidence and future directions. *Cortex*, *48*(7), 805–825. doi:10.1016/j.cortex.2011.04.006
- Kiefer, M., Schuch, S., Schenck, W., & Fiedler, K. (2007a). Mood states modulate activity in semantic brain areas during emotional word encoding. *Cerebral Cortex*, *17*(7), 1516-1530. doi: 10.1093/cercor/bhl062

- Kiefer, M., Sim, E. J., Herrnberger, B., Grothe, J., & Hoenig, K. (2008). The sound of concepts: Four markers for a link between auditory and conceptual brain systems. *Journal of Neuroscience*, *28*(47), 12224-12230. doi: 10.1523/JNEUROSCI.3579-08.2008
- Kiefer, M., Sim, E. J., Liebich, S., Hauk, O., & Tanaka, J. (2007b). Experience-dependent plasticity of conceptual representations in human sensory-motor areas. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *19*(3), 525-542. doi: 10.1162/jocn.2007.19.3.525
- Kintsch, W. (1988). The role of knowledge in discourse comprehension: A construction-integration model. *Psychological Review*, *95*, 163–182. doi: 10.1037/0033-295X.95.2.163
- Klatzky, R. L., Pellegrino, J. W., McCloskey, B. P., & Doherty, S. (1989). Can you squeeze a tomato? The role of motor representations in semantic sensibility judgments. *Journal of Memory and Language*, *28*(1), 56-77. doi:10.1016/0749-596X(89)90028-4
- Knopf, M. (1991). Having shaved a kiwi fruit: Memory of unfamiliar subject-performed actions. *Psychological Research*, *53*(3), 203-211. doi: 10.1007/BF00941388
- Kosslyn, S. M. (1980). *Image and mind*. Harvard University Press.
- Lagacé, S., & Guérard, K. (2015). When motor congruency modulates immediate memory for objects. *Acta Psychologica*, *157*, 65-73. doi:10.1016/j.actpsy.2015.02.009
- Lakoff, G., & Johnson M. (1999). *Philosophy in the Flesh: The Embodied Mind and its Challenge to Western Thought*. New York: Basic Books.
- Lakoff, G., & Johnson, M. (1980). Conceptual metaphor in everyday language. *The Journal of Philosophy*, *77*(8), 453-486. doi: 10.2307/2025464
- Landauer, T. K., & Dumais, S. T. (1997). A solution to Plato's problem: The latent semantic analysis theory of acquisition, induction, and representation of knowledge. *Psychological Review*, *104*(2), 211–240. doi:10.1037/0033-295X.104.2.211

- Lerner, Y., Hendler, T., Ben-Bashat, D., Harel, M., & Malach, R. (2001). A hierarchical axis of object processing stages in the human visual cortex. *Cerebral Cortex*, *11*(4), 287-297. doi: 10.1093/cercor/11.4.287
- Levelt, W. J. (1989). *Speaking: From intention to articulation*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Lewis, J. W. (2006). Cortical networks related to human use of tools. *The Neuroscientist*, *12*(3), 211–231. doi: 10.1177/1073858406288327
- Lichty, W., Kausler, D. H., & Martinez, D. R. (1986). Adult age differences in memory for motor versus cognitive activities. *Experimental Aging Research*, *12*(4), 227-230. doi:10.1080/03610738608258573
- Lindsay, D. S. (2015). Replication in Psychological Science. *Psychological Science*, *26*(12), 1827–1832. doi:10.1177/0956797615616374
- Lyons, F., Kay, J., Hanley, J. R., & Haslam, C. (2006). Selective preservation of memory for people in the context of semantic memory disorder: Patterns of association and dissociation. *Neuropsychologia*, *44*(14), 2887–2898. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2006.06.005
- Macmillan, N. A., & Creelman, C. D. (1991). *Detection theory: A user's guide*. Cambridge, New York: University Press.
- Madan, C. R. (2014). Manipulability impairs association-memory: Revisiting effects of incidental motor processing on verbal paired-associates. *Acta Psychologica*, *149*, 45–51. doi:10.1016/j.actpsy.2014.03.002
- Madan, C. R., & Singhal, A. (2012). Encoding the world around us: Motor-related processing influences verbal memory. *Consciousness and Cognition*, *21*(3), 1563-1570. doi:10.1016/j.concog.2012.07.006
- Mahon, B. Z. (2015). What is embodied about cognition? *Language, Cognition and Neuroscience*, *30*(4), 420-429. doi: 10.1080/23273798.2014.987791

- Mahon, B. Z., & Caramazza, A. (2005). The orchestration of the sensory-motor systems: Clues from neuropsychology. *Cognitive Neuropsychology*, 22(3-4), 480-494. doi:10.1080/02643290442000446
- Mahon, B. Z., & Caramazza, A. (2008). A critical look at the embodied cognition hypothesis and a new proposal for grounding conceptual content. *Journal of Physiology-Paris*, 102(1-3), 59-70. doi:10.1016/j.jphysparis.2008.03.004
- Mahon, B. Z., & Caramazza, A. (2009). Concepts and categories: a cognitive neuropsychological perspective. *Annual Review of Psychology*, 60, 27-51. doi:10.1146/annurev.psych.60.110707.163532
- Mahon, B. Z., & Hickok, G. (2016). Arguments about the nature of concepts: Symbols, embodiment, and beyond. *Psychonomic Bulletin & Review*, 23(4), 941-958. doi:10.3758/s13423-016-1045-2
- Mahon, B. Z., & Hickok, G. (2016). Arguments about the nature of concepts: Symbols, embodiment, and beyond. *Psychonomic Bulletin & Review*, 23(4), 941-958. doi:10.3758/s13423-016-1045-2
- Mahon, B. Z., Anzellotti, S., Schwarzbach, J., Zampini, M., & Caramazza, A. (2009). Category-specific organization in the human brain does not require visual experience. *Neuron*, 63(3), 397-405. doi: 10.1016/j.neuron.2009.07.012
- Mahon, B. Z., Kumar, N., & Almeida, J. (2013). Spatial frequency tuning reveals interactions between the dorsal and ventral visual systems. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 25(6), 862-871. doi: 10.1162/jocn\_a\_00370
- Mahon, B. Z., Milleville, S., Negri, G. A. L., Rumiati, R. I., Martin, A., & Caramazza, A. (2007). Action-related properties of objects shape object representations in the ventral stream. *Neuron*, 55(3), 507-520. doi: 10.1016/j.neuron.2007.07.011

- Martin, A. (1998). Organization of semantic knowledge and the origin of words in the brain. En M. Swadesh, J. F. Sherzer (eds). *The origin and diversification of language* (pp. 69, 88). Aldine: Transaction Publishers.
- Martin, A. (2007). The representation of object concepts in the brain. *Annual Review of Psychology*, 58, 25–45. doi:10.1146/annurev.psych.57.102904.190143
- Martin, A. (2016). Grounding representations in action, perception, and emotion systems: How object properties and categories are represented in the human brain. *Psychonomic Bulletin & Review*, 23. doi:10.3758/s13423-015-0842-3
- Martin, A., & Chao, L. L. (2001). Semantic memory and the brain: structure and processes. *Current opinion in neurobiology*, 11(2), 194-201. doi: 10.1016/S0959-4388(00)00196-3
- Martin, A., Haxby, J. V., Lalonde, F. M., Wiggs, C. L., & Ungerleider, L. G. (1995). Discrete cortical regions associated with knowledge of color and knowledge of action. *Science*, 270(5233), 102-105. doi: 10.1126/science.270.5233.102
- Martin, A., Ungerleider, L. G., & Haxby, J. V. (2000). Category specificity and the brain: The sensory/motor model of semantic representations of objects. En M. S. Gazzaniga (Ed.), *Higher cognitive functions: The new cognitive neurosciences* (2) (pp. 1023–1036). Cambridge: MIT Press.
- Martin, A., Wiggs, C. L., Ungerleider, L. G., & Haxby, J. V. (1996). Neural correlates of category-specific knowledge. *Nature*, 379(6566), 649-652. doi: 10.1038/379649a0
- McClelland J. L., & Rogers T. T. (2003). The parallel distributed processing approach to semantic cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 4(4): 310-322. doi: 10.1038/nrn1076
- McClelland J. L., McNaughton B. L., & O'Reilly R. C. (1995). Why there are complementary learning systems in the hippocampus and neocortex: Insights from the successes and failures of connectionist models of learning and memory. *Psychological Review*, 102(3): 419-457

- McCloskey, M., & Glucksberg, S. (1979). Decision processes in verifying category membership statements: Implications for models of semantic memory. *Cognitive Psychology*, *11*(1), 1-37. doi: 10.1016/0010-0285(79)90002-1
- Mecklinger, A., Gruenewald, C., Weiskopf, N., & Doeller, C. F. (2004). Motor affordance and its role for visual working memory: Evidence from fMRI studies. *Experimental Psychology*, *51*(4), 258–269. doi:10.1027/1618-3169.51.4.258
- Meister, I., Wilson, S., Deblieck, C., Wu, A., & Iacoboni, M. (2007). The essential role of premotor cortex in speech perception. *Current Biology*, *17*(19), 1692–1616. doi: 10.1016/j.cub.2007.08.064
- Meteyard, L., & Vigliocco, G. (2008). 15 - The Role of Sensory and Motor Information in Semantic Representation: A Review. En P. Calvo & A. Gomila (Eds.), *Handbook of Cognitive Science* (pp. 291–312). Londres: Academic Press Elsevier. doi:10.1016/B978-0-08-046616-3.00015-3
- Meteyard, L., Bahrami, B., & Vigliocco, G. (2007). Motion detection and motion verbs: Language affects low-level visual perception. *Psychological Science*, *18*(11), 1007-1013. doi:10.1111/j.1467-9280.2007.02016.x
- Meteyard, L., Cuadrado, S. R., Bahrami, B., & Vigliocco, G. (2012). Coming of age: A review of embodiment and the neuroscience of semantics. *Cortex*, *48*(7), 788-804. doi:10.1016/j.cortex.2010.11.002
- Minsky, M. (1974). A framework for representing knowledge. MIT-AI Laboratory Memo 306. *Massachusetts Institute of Technology*. <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/6089>
- Morsella, E., & Miozzo, M. (2002). Evidence for a cascade model of lexical access in speech production. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *28*(3), 555. doi:10.1037/0278-7393.28.3.555

- Moscovitch, M., Nadel, L., Winocur, G., Gilboa, A., & Rosenbaum, S. (2006). The cognitive neuroscience of remote episodic, semantic and spatial memory. *Current Opinion in Neurobiology*, 16(2), 179–190. doi:10.1016/j.conb.2006.03.013
- Möttönen, R., & Watkins, K. (2012). Using TMS to study the role of the articulatory motor system in speech perception. *Aphasiology*, 26(09), 1103–1118. doi: 10.1080/02687038.2011.619515
- Myung, J. Y., Blumstein, S. E., & Sedivy, J. C. (2006). Playing on the typewriter, typing on the piano: manipulation knowledge of objects. *Cognition*, 98(3), 223-243. doi:10.1016/j.cognition.2004.11.010
- Navarrete, E., & Costa, A. (2005). Phonological activation of ignored pictures: Further evidence for a cascade model of lexical access. *Journal of Memory and Language*, 53(3), 359-377. doi:10.1016/j.jml.2005.05.001
- Negri, G. A. L., Rumiati, R. I., Zadini, A., Ukmar, M., Mahon, B. Z., & Caramazza, A. (2007). What is the role of motor simulation in action and object recognition? Evidence from apraxia. *Cognitive Neuropsychology*, 24(8), 795–816. doi:10.1080/02643290701707412
- Neininger, B., & Pulvermüller, F. (2001). The right hemisphere's role in action word processing: a double case study. *Neurocase*, 7(4), 303-317. doi: 10.1093/neucas/7.4.303
- Neininger, B., & Pulvermüller, F. (2003). Word-category specific deficits after lesions in the right hemisphere. *Neuropsychologia*, 41(1), 53-70. doi: /10.1016/S0028-3932(02)00126-4
- Newell, A., & Simon, H. A. (2007). Computer science as empirical inquiry: Symbols and search. En *ACM Turing award lectures. Comunicaciones de ACM (19)3*, 1975
- Nilsson, L. G., & Bäckman, L. (1989). Implicit memory and the enactment of verbal instructions. En S. Lewandowsky, J. C. Dunn, K. Kirsner, & N. J. Hillsdale, (Eds.), *Implicit memory: Theoretical issues* (pp. 173-183). Perth: Lawrence Erlbaum Associates Inc.

- Nilsson, L. G., & Craik, F. I. (1990). Additive and interactive effects in memory for subject-performed tasks. *European Journal of Cognitive Psychology*, 2(4), 305-324. doi:10.1080/09541449008406210
- Noppeney, U., Price, C. J., Penny, W. D., & Friston, K. J. (2006). Two distinct neural mechanisms for category-selective responses. *Cerebral Cortex*, 16(3), 437-445. doi:10.1093/cercor/bhi123
- Nosek, B. A., & Bar-Anan, Y. (2012a). Scientific utopia: I. Opening scientific communication. *Psychological Inquiry*, 23(3), 217-243. doi:10.1080/1047840X.2012.692215
- Nosek, B. A., Alter, G., Banks, G. C., Borsboom, D., Bowman, S. D., Breckler, S. J., ... & Contestabile, M. (2015). Promoting an open research culture: author guidelines for journals could help to promote transparency, openness, and reproducibility. *Science*, 348, 1422–1425). doi:10.1126/science .aab2374
- Nosek, B. A., Spies, J. R., & Motyl, M. (2012b). Scientific utopia: II. Restructuring incentives and practices to promote truth over publishability. *Perspectives on Psychological Science*, 7(6), 615-631. doi:10.1177/1745691612459058
- Ochipa, C., Rapcsak, S. Z., Maher, L. M., Rothi, L. J. G., Bowers, D., & Heilman, K. M. (1997). Selective deficit of praxis imagery in ideomotor apraxia. *Neurology*, 49(2), 474–480. doi:10.1212/WNL.49.2.474
- Oliveri, M., Finocchiaro, C., Shapiro, K., Gangitano, M., Caramazza, A., & Pascual-Leone, A. (2004). All talk and no action: a transcranial magnetic stimulation study of motor cortex activation during action word production. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(3), 374-381. doi: 10.1162/089892904322926719
- Olofsson, U. (1996). The effect of enactment on memory for order. *Psychological Research*, 59(1), 75-79. doi: 10.1007/BF00419835

- Open Science Collaboration. (2015). Estimating the reproducibility of psychological science. *Science*, *349*(6251). doi:10.1126/science.aac4716
- Page, M. P. A. (2006). What Can't Functional Neuroimaging Tell the Cognitive Psychologist? *Cortex*, *42*(3), 428–443. doi:10.1016/S0010-9452(08)70375-7
- Paivio, A. (1971). *Imagery and verbal processes*. New York: Holt, Rhinehart and Winston.
- Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual coding approach*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Papesh, M. H. (2015). Just Out of Reach: On the Reliability of the Action-Sentence Compatibility Effect. *Journal of Experimental Psychology. General*, *144*(6), e116–e141. doi:10.1037/xge0000125
- Patterson, K., Nestor, P. J., & Rogers, T. T. (2007). Where do you know what you know? The representation of semantic knowledge in the human brain. *Nature Reviews Neuroscience*, *8*(12), 976–987. doi:10.1038/nrn2277
- Pecher, D. (2013a). No role for motor affordances in visual working memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *39*(1), 2-13. doi:10.1037/a0028642
- Pecher, D. (2013b). The perceptual representation of mental categories. En D. Reisberg (Ed.), *The Oxford handbook of cognitive psychology 1*(1) (pp. 2-17). New York: Oxford University Press.
- Pecher, D., & Zwaan, R. A. (Eds.). (2005). *Grounding cognition: The role of perception and action in memory, language, and thinking*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Pecher, D., de Klerk, R. M., Klever, L., Post, S., van Reenen, J. G., & Vonk, M. (2013). The role of affordances for working memory for objects. *Journal of Cognitive Psychology*, *25*(1), 107-118. doi:10.1080/20445911.2012.750324

- Pecher, D., Scholte, F., & Raaijmakers, J.G.W. (2019). The role of motor action in long-term memory for objects. "Manuscrito no publicado"
- Pecher, D., van Dantzig, S., Zwaan, R. A., & Zeelenberg, R. (2009). Language comprehenders retain implied shape and orientation of objects. *Quarterly Journal of Experimental Psychology (2006)*, *62*(6), 1108–1114. doi:10.1080/17470210802633255
- Pecher, D., Wolters, F., Scholte, F., & Zeelenberg, R. (2019). The role of motor action in long-term memory for objects. "Manuscrito no publicado"
- Pecher, D., Zanolie, K., & Zeelenberg, R. (2007). Verifying Visual Properties in Sentence Verification Facilitates Picture Recognition Memory. *Experimental Psychology*, *54*(3), 173–179. doi:10.1027/1618-3169.54.3.173
- Pecher, D., Zeelenberg, R., & Barsalou, L. W. (2003). Verifying Different-Modality Properties for Concepts Produces Switching Costs. *Psychological Science*, *14*(2), 119–124. doi:10.1111/1467-9280.t01-1-01429
- Pecher, D., Zeelenberg, R., & Barsalou, L. W. (2004). Sensorimotor simulations underlie conceptual representations: Modality-specific effects of prior activation. *Psychonomic Bulletin & Review*, *11*(1), 164–167. oi.org/10.3758/BF03206477
- Pecher, D., Zeelenberg, R., & Raaijmakers, J. G. (1998). Does pizza prime coin? Perceptual priming in lexical decision and pronunciation. *Journal of Memory and Language*, *38*(4), 401–418. doi:10.1006/jmla.1997.2557
- Pecher, D., Zeelenberg, R., & Raaijmakers, J. G. (2002). Associative priming in a masked perceptual identification task: Evidence for automatic processes. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology: Section A*, *55*(4), 1157–1173. doi: 10.1080/02724980244000143
- Pezzulo, G., Barca, L., Bocconi, A. L., & Borghi, A. M. (2010). When affordances climb into your mind: advantages of motor simulation in a memory task performed by novice and expert rock climbers. *Brain and Cognition*, *73*, 68–73. doi:10.1016/j.bandc.2010.03.002

- Pitt, D. (2018). Mental Representation, Stanford encyclopaedia of philosophy. Edward N. Zalta (ed.), URL = <https://plato.stanford.edu/archives/win2018/entries/mental-representation>.
- Pobric, G., Jefferies, E., & Ralph, M. A. L. (2010a). Amodal semantic representations depend on both anterior temporal lobes: evidence from repetitive transcranial magnetic stimulation. *Neuropsychologia*, *48*(5), 1336-1342. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2009.12.036
- Pobric, G., Jefferies, E., & Ralph, M. A. L. (2010b). Category-specific versus category-general semantic impairment induced by transcranial magnetic stimulation. *Current Biology*, *20*(10), 964-968. doi: 10.1016/j.cub.2010.03.070
- Pobric, G., Ralph, M. A. L., & Jefferies, E. (2009). The role of the anterior temporal lobes in the comprehension of concrete and abstract words: rTMS evidence. *Cortex*, *45*(9), 1104-1110. doi: 10.1016/j.cortex.2009.02.006
- Price, H. H. (1953). *Thinking and Experience*. New York: Hutchinson's University Library
- Pulvermüller, F. (1999). Words in the brain's language. *Behavioural and Brain Sciences*, *22* (2), 253–279. doi:10.1017/S0140525X9900182X.
- Pulvermüller, F. (2001). Brain reflections of words and their meaning. *Trends in Cognitive Sciences*, *5*(12), 517-524. doi:10.1016/S1364-6613(00)01803-9
- Pulvermüller, F. (2005). Brain mechanisms linking language and action. *Nature Reviews Neuroscience*, *6*(7), 576-582. doi:10.1038/nrn1706
- Pulvermüller, F. (2008a). Brain embodiment of category-specific semantic memory circuits. En G.R. Semin, E. R. Smith (eds.), *Embodied grounding: Social, cognitive, affective, and neuroscientific approaches* (pp. 71-97). Cambridge: Cambridge University Press.
- Pulvermüller, F. (2010). Brain embodiment of syntax and grammar: Discrete combinatorial mechanisms spelt out in neuronal circuits. *Brain and Language*, *112*(3), 167–179. doi:10.1016/j.bandl.2009.08.002

- Pulvermüller, F. (2012). Meaning and the brain: The neurosemantics of referential, interactive, and combinatorial knowledge. *Journal of Neurolinguistics*, 25(5), 423–459. doi:10.1016/j.jneuroling.2011.03.004
- Pulvermüller, F. Grounding language in the brain (2008b). En M. de Vega, A. Graesser, and A. M. Glenberg (Eds.), *Symbols, Embodiment, and Meaning*, (pp. 85-116). Oxford: Oxford University Press.
- Pulvermüller, F., & Fadiga, L. (2010). Active perception: sensorimotor circuits as a cortical basis for language. *Nature Reviews Neuroscience*, 11(5), 351-360. doi:10.1038/nrn2811
- Pulvermüller, F., & Hauk, O. (2006). Category-specific conceptual processing of color and form in left fronto-temporal cortex. *Cerebral Cortex*, 16(8), 1193-1201. doi:10.1093/cercor/bhj060
- Pulvermüller, F., Cooper-Pye, E., Dine, C., Hauk, O., Nestor, P. J., & Patterson, K. (2010). The word processing deficit in semantic dementia: all categories are equal, but some categories are more equal than others. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22(9), 2027-2041. doi:10.1162/jocn.2009.21339
- Pulvermüller, F., Härle, M., & Hummel, F. (2000). Neurophysiological distinction of verb categories. *Neuroreport*, 11(12), 2789-2793. doi:10.1097/00001756-200008210-00036
- Pulvermüller, F., Härle, M., & Hummel, F. (2001). Walking or talking?: Behavioral and neurophysiological correlates of action verb processing. *Brain and Language*, 78(2), 143-168. doi:10.1006/brln.2000.2390
- Pulvermüller, F., Hauk, O., Nikulin, V. V., & Ilmoniemi, R. J. (2005). Functional links between motor and language systems. *European Journal of Neuroscience*, 21(3), 793-797. doi:10.1111/j.1460-9568.2005.03900.x

- Pulvermüller, F., Kherif, F., Hauk, O., Mohr, B., & Nimmo-Smith, I. (2009). Cortical cell assemblies for general lexical and category-specific semantic processing as revealed by fMRI cluster analysis. *Human Brain Mapping, 30*(12), 3837–3850. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00494649>
- Pulvermüller, F., Lutzenberger, W., & Preissl, H. (1999). Nouns and verbs in the intact brain: Evidence from event-related potentials and high-frequency cortical responses. *Cerebral Cortex, 9*(5), 497-506. doi:10.1093/cercor/9.5.497
- Pulvermüller, F., Shtyrov, Y., & Ilmoniemi, R. (2005). Brain signatures of meaning access in action word recognition. *Journal of Cognitive Neuroscience, 17*(6), 884-892. doi:10.1162/0898929054021111
- Pylyshyn, Z. (1985). *Computation and cognition. Forward a foundation for cognitive science.* Cambridge; Cambridge Academic Press.
- Pylyshyn, Z. (2003). Return of the mental image: are there really pictures in the brain? *Trends in Cognitive Sciences, 7*(3), 113-118. doi:10.1016/S1364-6613(03)00003-2
- Pylyshyn, Z. W. (1984). *Computation and cognition.* Cambridge: MIT press.
- Quak, M., Pecher, D., & Zeelenberg, R. (2014). Effects of motor congruence on visual working memory. *Attention, Perception, & Psychophysics, 76* (7), 2063-2070. doi:10.3758/s13414-014-0654-y
- Quillian, M. R. (1967). Word concepts: A theory and simulation of some basic semantic capabilities. *Behavioral Science, 12*(5), 410-430. doi:10.1002/bs.3830120511
- Quillian, M. R. (1968). Semantic memory. En M. Minsky (Ed.), *Semantic Information Processing* (pp 216-271). Londres, England: MIT Press.
- Quillian, M. R. (1969). The teachable language comprehender: A simulation program and theory of language. *Communications of the ACM, 12*(8), 459-476. doi:10.1145/363196.363214

- Quiroga, R. Q., Reddy, L., Kreiman, G., Koch, C., & Fried, I. (2005). Invariant visual representation by single neurons in the human brain. *Nature*, *435*(7045), 1102-1107. doi:10.1038/nature03687
- Rasch, B., & Born, J. (2007). Maintaining memories by reactivation. *Current Opinion in Neurobiology*, *17*(6), 698-703. doi:10.1016/j.conb.2007.11.007
- Richardson, D. C., Spivey, M. J., Barsalou, L. W., & McRae, K. (2003). Spatial representations activated during real-time comprehension of verbs. *Cognitive Science*, *27*(5), 767-780. doi:10.1207/s15516709cog2705\_4
- Richardson, D. C., Spivey, M. J., Edelman, S., & Naples, A. J. (2001). " Language is spatial": Experimental evidence for image schemas of concrete and abstract verbs. In *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society* (23) 23. <https://escholarship.org/uc/item/9vs820bx>
- Rizzolatti, G., & Craighero, L. (2004). The Mirror-Neuron System. *Annual Review of Neuroscience*, *27*(1), 169–192. doi:10.1146/annurev.neuro.27.070203.144230
- Rizzolatti, G., & Craighero, L. (2004). The Mirror-Neuron System. *Annual Review of Neuroscience*, *27*(1), 169–192. doi:10.1146/annurev.neuro.27.070203.144230
- Robbins, P., & Aydede, M. (2009). A short primer on situated cognition. En P. Robbins, M. Aydede (Eds.), *The Cambridge handbook of situated cognition* (pp. 3-10). Londres: Cambridge University Press.
- Rogers, T. T., Lambon Ralph, M. A., Garrard, P., Bozeat, S., McClelland, J. L., Hodges, J. R., & Patterson, K. (2004). Structure and Deterioration of Semantic Memory: A Neuropsychological and Computational Investigation. *Psychological Review*, *111*(1), 205–235. doi:10.1037/0033-295X.111.1.205

- Romero, T., Vargas, C. A., Alonso, M. A., Díez, E., & Fernandez, A. (2020) Absence of post-learning motor activity effects on memory for motor-related words. *Memory*, "Advance online publication". doi:10.1037/a0037397
- Rueschemeyer, S. A., Lindemann, O., van Rooij, D., van Dam, W., & Bekkering, H. (2010). Effects of intentional motor actions on embodied language processing. *Experimental Psychology*, 57(4), 260-266. doi:10.1027/1618-3169/a000031
- Rumiati, R. I., Zanini, S., Vorano, L., & Shallice, T. (2001). A form of ideational apraxia as a selective deficit of contention scheduling. *Cognitive Neuropsychology*, 18(7), 617–642. doi:10.1080/02643290126375
- Saccuman, C., Cappa, S., Bates, E., Arevalo, A., Della Rosa, P., Danna, M., & Perani, D. (2006). The impact of semantic reference on word class: An fMRI study of action and object naming. *Neuroimage*, 32 (4), 1865–1878. doi:10.1016/j.neuroimage.2006.04.179
- Sammer, G., Reuter, I., Hullmann, K., Kaps, M., & Vaitl, D. (2006). Training of executive functions in Parkinson's disease. *Journal of the Neurological Sciences*, 248(1-2), 115-119. doi: 10.1016/j.jns.2006.05.028
- Schnur, T. T., Schwartz, M. F., Kimberg, D. Y., Hirshorn, E., Coslett, H. B., & Thompson-Schill, S. L. (2009). Localizing interference during naming: Convergent neuroimaging and neuropsychological evidence for the function of Broca's area. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(1), 322-327. doi:10.1073/pnas.0805874106
- Searle, J. R. (1980). Minds, brains, and programs. *Behavioral and Brain Sciences*, (3) 417-457
- Sevilla, J. G. (1991). Paradigmas experimentales en las teorías de la automaticidad. *Anales de Psicología / Annals of Psychology*, 7(1), 1–30. doi: 10.6018/analesps

- Shebani, Z., & Pulvermüller, F. (2013). Moving the hands and feet specifically impairs working memory for arm- and leg-related action words. *Cortex*, *49*(1), 222-231. doi:10.1016/j.cortex.2011.10.005
- Shrout, P. E., & Rodgers, J. L. (2018). Psychology, Science, and Knowledge Construction: Broadening Perspectives from the Replication Crisis. *Annual Review of Psychology*, *69*(1), 487–510. doi:10.1146/annurev-psych-122216-011845
- Simmons, J. P., Nelson, L. D., Simonsohn, U. (2011). False-positive psychology: Undisclosed flexibility in data collection and analysis allows presenting anything as significant. *Psychological Science*, *22*, 1359–1366. doi:10.1177/0956797611417632" \t
- Simmons, W. K., & Barsalou, L. W. (2003). The similarity-in-topography principle: Reconciling theories of conceptual deficits. *Cognitive Neuropsychology*, *20*(3–6), 451–486. doi:10.1080/02643290342000032
- Simmons, W. K., Hamann, S. B., Harenski, C. L., Hu, X. P., & Barsalou, L. W. (2008). fMRI evidence for word association and situated simulation in conceptual processing. *Journal of Physiology-Paris*, *102*(1-3), 106-119. doi: 10.1016/j.jphysparis.2008.03.014
- Simmons, W. K., Martin, A., & Barsalou, L. W. (2005). Pictures of appetizing foods activate gustatory cortices for taste and reward. *Cerebral Cortex*, *15*(10), 1602-1608. doi: 10.1093/cercor
- Simmons, W. K., Ramjee, V., Beauchamp, M. S., McRae, K., Martin, A., & Barsalou, L. W. (2007). A common neural substrate for perceiving and knowing about color. *Neuropsychologia*, *45*(12), 2802-2810. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2007.05.002
- Sinforiani, E., Banchieri, L., Zucchella, C., Pacchetti, C., & Sandrini, G. (2004). Cognitive rehabilitation in Parkinson's disease. *Archives of gerontology and geriatrics. Supplement*, *(9)*, 387-391. doi:10.1016/j.archger.2004.04.049

- Siri, S., Tettamanti, M., Cappa, S. F., Rosa, P. D., Saccuman, C., Scifo, P., & Vigliocco, G. (2008). The neural substrate of naming events: effects of processing demands but not of grammatical class. *Cerebral Cortex*, *18*(1), 171-177. doi:10.1093/cercor/bhm043
- 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. doi:10.1037/h0036351
- Smith, E. R., & Semin, G. R. (2004). Socially Situated Cognition: Cognition in its Social Context. En M. P. Zanna (Ed.), *Advances in experimental social psychology*, *36* (p. 53–117). Londres: Elsevier Academic Press. doi: 10.1016/S0065-2601(04)36002-8
- Smyth, M. M., & Pendleton, L. R. (1989). Working memory for movements. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, *41*(2), 235-250. doi:10.1080/14640748908402363
- Soares, A. P., Comesana, M., Sanroman, Á. I., Almeida, J. J., Brandão Simões, A. M., Costa, A., ... & Machado, J. (2011). P-PAL: Uma base lexical com índices psicolingüísticos do Português Europeu. *Linguamática*, *2*(3), 67-72
- Solomon, K. O., & Barsalou, L. W. (2004). Perceptual simulation in property verification. *Memory & Cognition*, *32*(2), 244-259. doi: 10.3758/BF03196856
- Spiridon, M., & Kanwisher, N. (2002). How distributed is visual category information in human occipital-temporal cortex? An fMRI study. *Neuron*, *35* (6), 1157–1165. doi. 10.1016/S0896-6273(02)00877-2
- Stanfield, R. A., & Zwaan, R. A. (2001). The effect of implied orientation derived from verbal context on picture recognition. *Psychological Science*, *12*(2), 153-156. doi:10.1111/1467-9280.00326

- Tettamanti, M., Buccino, G., Saccuman, M. C., Gallese, V., Danna, M., Scifo, P., ... & Perani, D. (2005). Listening to action-related sentences activates fronto-parietal motor circuits. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *17*(2), 273-281. doi: 10.1162/0898929053124965
- Thompson-Schill, S. L. (2003). Neuroimaging studies of semantic memory: inferring “how” from “where”. *Neuropsychologia*, *41*(3), 280-292. doi: 10.1016/S0028-3932(02)00161-6
- Thompson-Schill, S. L., D'Esposito, M., & Kan, I. P. (1999). Effects of repetition and competition on activity in left prefrontal cortex during word generation. *Neuron*, *23*(3), 513-522. doi: 10.1016/S0896-6273(00)80804-1
- Toni, I., De Lange, F. P., Noordzij, M. L., & Hagoort, P. (2008). Language beyond action. *Journal of Physiology-Paris*, *102*(1-3), 71-79. doi: 10.1016/j.jphysparis.2008.03.005
- Tranel, D., Damasio, H., & Damasio, A. R. (1997a). A neural basis for the retrieval of conceptual knowledge. *Neuropsychologia*, *35*(10), 1319-1327. doi: 10.1016/S0028-3932(97)00085-7
- Tranel, D., Logan, C. G., Frank, R. J., & Damasio, A. R. (1997b). Explaining category-related effects in the retrieval of conceptual and lexical knowledge for concrete entities: Operationalization and analysis of factors. *Neuropsychologia*, *35*(10), 1329-1339. doi: 10.1016/S0028-3932(97)00086-9
- Trumpp, N., Kliese, D., Hoenig, K., Haarmaier, T., & Kiefer, M. (2011). A causal link between hearing and word meaning: Damage to auditory association cortex impairs the processing of soundrelated concepts. *Manuscrito no publicado*.
- Tucker, M., & Ellis, R. (1998). On the relations between seen objects and components of potential actions. *Journal of Experimental Psychology: Human perception and performance*, *24*(3), 830. doi:10.1037/0096-1523.24.3.830
- Tucker, M., & Ellis, R. (2001). The potentiation of grasp types during visual object categorization. *Visual Cognition*, *8*(6), 769-800. doi:10.1080/13506280042000144

- Tucker, M., & Ellis, R. (2004). Action priming by briefly presented objects. *Acta Psychologica*, *116*(2), 185-203. doi:10.1016/j.actpsy.2004.01.004
- Tulving, E. (1983). *Elements of episodic memory*. London: Oxford University Press.
- Tyler, L. K., & Moss, H. E. (2001). Towards a distributed account of conceptual knowledge. *Trends in Cognitive Sciences*, *5*(6), 244–252. doi:10.1016/S1364-6613(00)01651-X
- Tyler, L. K., Stamatakis, E. A., Bright, P., Acres, K., Abdallah, S., Rodd, J. M., & Moss, H. E. (2004). Processing objects at different levels of specificity. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *16*(3), 351-362. doi: 10.1162/089892904322926692
- Urrutia, M., & de Vega, M. (2012). Lenguaje y acción: Una revisión actual a las teorías corpóreas. *RLA. Revista de lingüística teórica y aplicada*, *50*(1), 39-67. doi:10.4067/S0718-48832012000100003
- van Dam, W. O., Rueschemeyer, S. A., & Bekkering, H. (2010). How specifically are action verbs represented in the neural motor system: An fMRI study. *Neuroimage*, *53*(4), 1318-1325. doi:10.1016/j.neuroimage.2010.06.071
- van Dam, W. O., Rueschemeyer, S. A., Bekkering, H., & Lindemann, O. (2013). Embodied grounding of memory: toward the effects of motor execution on memory consolidation. *Quarterly Journal of Experimental Psychology* *66*(12), 2310-2328. doi:10.1080/17470218.2013.777084
- van Elk, M., van Schie, H. T., Zwaan, R. A., & Bekkering, H. (2010). The functional role of motor activation in language processing: motor cortical oscillations support lexical-semantic retrieval. *Neuroimage*, *50*(2), 665-677. doi:10.1016/j.neuroimage.2009.12.123
- Vannuscorps, G., & Caramazza, A. (2016). Typical action perception and interpretation without motor simulation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *113*(1), 86-91. doi:10.1073/pnas.1516978112

- Vermeulen, N., Corneille, O., & Niedenthal, P. M. (2008). Sensory load incurs conceptual processing costs. *Cognition*, *109*(2), 287-294. doi: 10.1016/j.cognition.2008.09.004
- Vigliocco, G., Vinson, D. P., Lewis, W., & Garrett, M. F. (2004). Representing the meanings of object and action words: The featural and unitary semantic space hypothesis. *Cognitive Psychology*, *48*(4), 422-488. doi:10.1016/j.cogpsych.2003.09.001
- Vigliocco, G., Warren, J., Siri, S., Arciuli, J., Scott, S., & Wise, R. (2006). The role of semantics and grammatical class in the neural representation of words. *Cerebral Cortex*, *16*(12), 1790-1796. doi: 10.1093/cercor/bhj115
- Vuilleumier, P., Henson, R. N., Driver, J., & Dolan, R. J. (2002). Multiple levels of visual object constancy revealed by event-related fMRI of repetition priming. *Nature Neuroscience*, *5*(5), 491-499. doi: 10.1038/nn839
- Wagner, A. D., Paré-Blagoev, E. J., Clark, J., & Poldrack, R. A. (2001). Recovering meaning: left prefrontal cortex guides controlled semantic retrieval. *Neuron*, *31*(2), 329-338. doi: 10.1016/S0896-6273(01)00359-2
- Wallentin, M., Ellegaard, T., Ostergaard, S., Ostergaard, L., & Roepstorff, A. (2005). Motion verb sentences activate left posterior middle temporal cortex despite static context. *NeuroReport*, *16*(6), 649-652. doi: 10.1097/00001756-200504250-00027
- Warrington, E. K., & McCarthy, R. A. (1987). Categories of knowledge: Further fractionations and an attempted integration. *Brain*, *110*(5), 1273-1296. doi:10.1093/brain/110.5.1273
- Warrington, E. K., & Shallice, T. (1984). Category specific semantic impairments. *Brain*, *107*(3), 829-853. doi:10.1093/brain/107.3.829
- Watson, J. B. (1913). Psychology as the behaviourist views it. *Psychological Review*, *20*, 158-177. doi:10.1037/h0074428

- Weisberg J, van Turennout M, and Martin A. A. (2007). Neural system for learning about object function. *Cerebral Cortex*, 17(3): 513-521. doi:10.1093/cercor/bhj176
- Wennekers, T., Garagnani, M., & Pulvermüller, F. (2006). Language models based on Hebbian cell assemblies. *Journal of Physiology-Paris*, 100(1-3), 16-30. doi: 10.1016/j.jphysparis.2006.09.007
- Willems, R. M., Hagoort, P., & Casasanto, D. (2010). Body-specific representations of action verbs: Neural evidence from right-and left-handers. *Psychological Science*, 21(1), 67-74. doi: 10.1177/0956797609354072
- Witt, J. K., Kemmerer, D., Linkenauger, S. A., & Culham, J. (2010). A functional role for motor simulation in identifying tools. *Psychological Science*, 21(9), 1215-1219. doi:10.1177/0956797610378307
- Zhang, X., & Wang, L. (2020): Integrative representation of semantic and motor information underlies the enactment effect in memory for actions. *Memory*, 28(8), 1078-1088. doi:10.1080/09658211.2020.1815789
- Yonelinas, A. P., Kroll, N. E., Quamme, J. R., Lazzara, M. M., Sauvé, M. J., Widaman, K. F., & Knight, R. T. (2002). Effects of extensive temporal lobe damage or mild hypoxia on recollection and familiarity. *Nature Neuroscience*, 5(11), 1236-1241. doi:10.1038/nn961
- Yu, A. B., Abrams, R. A., & Zacks, J. M. (2014). Limits on action priming by pictures of objects. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 40 (5), 1861-1873. doi:10.1037/a0037397
- Zeelenberg, R., & Pecher, D. (2015). The effect of motor interference on long-term memory for arm and leg related action words. “Manuscrito no publicado”

- Zeelenberg, R., & Pecher, D. (2016). Chapter Five - The role of motor action in memory for objects and words. En B. H. Ross (Ed.), *Psychology of Learning and Motivation* (64), (pp. 161-193). Cambridge: Elsevier Academic Press. doi:10.1016/bs.plm.2015.09.005
- Zeelenberg, R., Remmers, S., Blaauwgeers, F., & Pecher, D. (2020). The influence of post-study action congruency on memory consolidation. *Experimental Psychology*, “Advance online publication”.
- Zimmer, H. D. (1996). Memory for spatial location and enactment. *Psychologische Beiträge*, 38, 404-417
- Zimmer, H. D., & Engelkamp, J. (2003). Signing enhances memory like performing actions. *Psychonomic Bulletin & Review*, 10(2), 450-454. doi:10.3758/BF03196505
- Zimmer, H. D., Cohen R. L., Guynn, M. J. Engelkamp J., Kormi-Nouri, R., & Foley, M. A (2001). *Memory for Action. A distinct form of episodic memory?* New York: Oxford University Press.
- Zimmer, H. D., Helstrup, T., & Engelkamp, J. (1993). Memory of Subject-Performed Task and Serial Position Effects. En H.D. Zimmer, R. L. Cohen, M. J. Guynn, J. Engelkamp, R. Kormi-Nouri, & M.A. Foley (Eds.). *Memory for Action. A distinct form of episodic memory?* (pp. 49-96). New York: Oxford University Press.
- Zwaan, R. A. (2004). The Immersed Experiencer: Toward an Embodied Theory of Language Comprehension. En B. H. Ross (Ed.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory*, (44) (pp. 35–62). Londres: Elsevier Academic Press
- Zwaan, R. A. (2014). Embodiment and language comprehension: Reframing the discussion. *Trends in Cognitive Sciences*, 18(5), 229-234. doi:10.1016/j.tics.2014.02.008
- Zwaan, R. A., & Kaschak, M. P. (2009). Language comprehension as a means of “re-situating” oneself. En M. P. Robbins and M. Aydede (eds), *The Cambridge handbook of situated cognition*, (pp. 368-381). Cambridge: Cambridge University Press.

- Zwaan, R. A., & Taylor, L. J. (2006). Seeing, acting, understanding: motor resonance in language comprehension. *Journal of Experimental Psychology: General*, *135*(1), 1-11. doi:10.1037/0096-3445.135.1.1
- Zwaan, R. A., Stanfield, R. A., & Yaxley, R. H. (2002). Language comprehenders mentally represent the shapes of objects. *Psychological Science*, *13*(2), 168-171. doi:10.1111/1467-9280.00430
- Zwaan, R. A. (2003). The Immersed Experiencer: Toward an embodied theory of language comprehension. *Psychology of Learning and Motivation*, *44*, 35-62. 10.1016/S0079-7421(03)44002-4

## Anexos

### Anexo 1. Cuadernillo de respuestas del estudio normativo.

#### Hoja de datos

Rellena el siguiente apartado con tus datos personales

--

Estudio

Sexo: Hombre____ Mujer _____		
Edad: _____		
¿Es bilingüe? Si _____ No _____		
Primera lengua: _____	Segunda	Lengua: _____
_____		

Horas de sueño de la noche anterior: \_\_\_\_\_

Fecha: _____	Hora: _____
Grupo: _____	Titulación: _____
_____	

Estos datos son totalmente confidenciales y serán utilizados de manera agregada sin relacionar nunca los datos con la información proporcionada en el cuadernillo.

## Instrucciones

Existe una relación entre el sistema motor y el procesamiento léxico-semántico del lenguaje relacionado con la acción. Las teorías corporeizadas del lenguaje proponen que el proceso sensorio-motor participa en la representación de contenido léxico-semántico. Las palabras relacionadas con una acción están representadas en áreas motoras neuronales. Se ha argumentado que el lenguaje y la acción comparten representaciones conceptuales comunes en el cerebro. Por lo tanto, las palabras de acción modulan la ejecución de la acción. El propósito de este estudio es conocer los objetos concretos asociados a determinadas acciones.

La tarea consistirá en crear dos listas de palabras de objetos asociados a dos acciones: *presionar* y *girar*. Por ejemplo, la palabra “grifo” se refiere a un objeto con el que el cuerpo humano puede ejercer la acción de *girar*, su función principal requiere que se gire el grifo para tener agua, mientras que la palabra “piano” se refiere a un objeto que implica el acto de *presionar*. Se requiere conocer 25 palabras de objetos concretos que se asocien a estas dos acciones. El objeto PIANO implica la acción de *presionar*, mientras que el objeto GRIFO implica la acción de *girar*.

Es importante que estos objetos presenten una relación directa o principal con la acción mencionada y no con otras acciones indirectas, es decir que la acción principal no sea ni *girar* ni *presionar*. Por ejemplo, el objeto "botella" se puede relacionar con varias acciones principales como “tocar” y “levantar” y aunque también una botella se puede *presionar* o *girar* no se asocia directamente a estas acciones, como lo haría el objeto "piano" con el acto de *presionar*.

Las palabras tendrán que ser de objetos concretos es decir objetos manipulables, que se puedan tocar. Es importante que tus palabras de objetos sean de una sola palabra como “piano”, es decir no se puede escribir objetos que impliquen dos o más palabras como "máquina de escribir " o “pantalla táctil”.

I. Escribe 25 palabras de objetos concretos que requieran la acción de presionar.

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

4. \_\_\_\_\_

5. \_\_\_\_\_

6. \_\_\_\_\_

7. \_\_\_\_\_

8. \_\_\_\_\_

9. \_\_\_\_\_

10. \_\_\_\_\_

11. \_\_\_\_\_

12. \_\_\_\_\_

13. \_\_\_\_\_

14. \_\_\_\_\_

15. \_\_\_\_\_

16. \_\_\_\_\_

17. \_\_\_\_\_

18. \_\_\_\_\_

19. \_\_\_\_\_

20. \_\_\_\_\_

21. \_\_\_\_\_

22. \_\_\_\_\_

23. \_\_\_\_\_

24. \_\_\_\_\_

25. \_\_\_\_\_

II. Escribe 25 palabras de objetos concretos que requieran la acción de girar.

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_
6. \_\_\_\_\_
7. \_\_\_\_\_
8. \_\_\_\_\_
9. \_\_\_\_\_
10. \_\_\_\_\_
11. \_\_\_\_\_
12. \_\_\_\_\_
13. \_\_\_\_\_
14. \_\_\_\_\_
15. \_\_\_\_\_
16. \_\_\_\_\_
17. \_\_\_\_\_
18. \_\_\_\_\_
19. \_\_\_\_\_
20. \_\_\_\_\_
21. \_\_\_\_\_
22. \_\_\_\_\_
23. \_\_\_\_\_
24. \_\_\_\_\_
25. \_\_\_\_\_

**Anexo 2.** Palabras de presionar y girar obtenidas en el estudio normativo con la frecuencia de aparición entre los participantes, la posición de producción y la posición mínima y máxima de la palabra.

<b>PALABRAS</b>	<b>CATEGORÍA</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>POSICIÓN</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>
ABANICO	Girar	1	7	7	7
ABRIDOR	Girar	1	9	9	9
ABRIR	Girar	1	9	9	9
ACELERADOR	Girar	2	7.5	6	9
AFILADOR	Girar	1	9	9	9
AGUJA	Girar	8	12.25	4	19
ALTAVOZ	Girar	1	10	10	10
AMASADOR	Girar	1	7	7	7
AMOHADA	Girar	1	5	5	5
ANDAR	Girar	1	25	25	25
ÁNGULOS	Girar	1	11	11	11
ANILLO	Girar	1	8	8	8
ANTENA	Girar	1	7	7	7
ARANDELA	Girar	1	13	13	13
ARMARIO	Girar	1	3	3	3
ARO	Girar	29	9.21	1	20
ARTICULACIÓN	Girar	1	17	17	17
ASPAS	Girar	3	9	3	19

*Anexos*

ASPERSOR	Girar	1	12	12	12
ATRACCIÓN	Girar	1	22	22	22
BAILAR	Girar	2	9	7	11
BAILARINA	Girar	3	8	4	14
BAILE	Girar	1	6	6	6
BALÓN	Girar	10	11.4	3	24
BARCO	Girar	1	16	16	16
BARILLA	Girar	1	9	9	9
BASTONCILLO	Girar	1	9	9	9
BATIDORA	Girar	20	10.5	1	19
BERBIQUI	Girar	1	16	16	16
BICICLETA	Girar	4	12.25	5	20
BISAGRA	Girar	2	14	12	16
BOLA	Girar	2	13	11	15
BOLANTE	Girar	1	4	4	4
BOLÍGRAFO	Girar	6	8.5	5	12
BOLSA	Girar	1	11	11	11
BOMBILLA	Girar	11	7.18	2	13
BOTE	Girar	1	7	7	7
BOTÓN	Girar	6	9.67	5	14

*Anexos*

BRAZO	Girar	1	7	7	7
BROCA	Girar	1	10	10	10
BUFANDA	Girar	2	9.5	2	17
BULTO	Girar	1	21	21	21
CABEZA	Girar	13	7	3	13
CABLE	Girar	3	16.67	14	18
CACAO	Girar	1	8	8	8
CADENA	Girar	1	11	11	11
CADERA	Girar	1	16	16	16
CAFETERA	Girar	2	9	8	10
CAJA	Girar	2	11	10	12
CALEIDOSCOPIO	Girar	3	10	5	14
CALENDARIO	Girar	1	15	15	15
CALLE	Girar	2	3	1	5
CAMA	Girar	2	6.5	4	9
CÁMARA	Girar	1	9	9	9
CAMIÓN	Girar	1	21	21	21
CAMPANA	Girar	1	9	9	9
CANICA	Girar	1	8	8	8
CAÑA	Girar	1	18	18	18

*Anexos*

CARNÉ	Girar	1	15	15	15
CARRACA	Girar	2	5	2	8
CARRO	Girar	2	6	4	8
CARRUSEL	Girar	1	7	7	7
CARTEL	Girar	1	13	13	13
CD	Girar	1	11	11	11
CENTRIFUGA	Girar	1	24	24	24
CENTRIFUGADORA	Girar	1	13	13	13
CEPILLO	Girar	1	8	8	8
CERRADURA	Girar	4	8	2	13
CINTA	Girar	1	22	22	22
CÍRCULO	Girar	1	7	7	7
CLAVIJA	Girar	4	7	4	10
COCHE	Girar	6	10.67	4	25
COLETERO	Girar	4	11.75	9	17
COLGANTE	Girar	1	7	7	7
COLLAR	Girar	1	5	5	5
COLUMPIO	Girar	1	6	6	6
COMBA	Girar	3	10	7	16
COMETA	Girar	1	6	6	6

*Anexos*

COMIDA	Girar	1	16	16	16
COMPÁS	Girar	7	13	7	18
CORDÓN	Girar	2	12	12	12
CRONÓMETRO	Girar	1	5	5	5
CRUCE	Girar	2	6	3	9
CUADRO	Girar	3	8	2	19
CUBO	Girar	1	1	1	1
CUCHARA	Girar	6	15.5	2	24
CUELLO	Girar	5	7.8	3	13
CUERDA	Girar	2	4	3	5
CUERPO	Girar	8	7.125	1	12
CURVA	Girar	3	7.67	2	12
DESCORCHADOR	Girar	1	5	5	5
DESTORNILLADOR	Girar	30	6.1	1	18
DIÁBOLO	Girar	1	11	11	11
DIAL	Girar	1	10	10	10
DINERO	Girar	1	2	2	2
DISCO	Girar	13	11.38	3	21
EJE	Girar	1	10	10	10
ENCHUFE	Girar	1	10	10	10

*Anexos*

ENCUADERNADORA	Girar	1	9	9	9
ENGRANAJE	Girar	13	9.85	4	18
ENVASE	Girar	1	16	16	16
ESCURRIDOR	Girar	1	8	8	8
ESPEJO	Girar	2	10.5	10	11
ESPIRAL	Girar	2	8	3	13
ESQUINA	Girar	2	4.5	4	5
ESTANTERÍA	Girar	1	3	3	3
EXPRIMIDOR	Girar	5	10.4	1	24
FALDA	Girar	1	4	4	4
FARO	Girar	1	8	8	8
FLEXO	Girar	1	10	10	10
FOCO	Girar	1	10	10	10
FOLIO	Girar	2	11	7	15
FOTO	Girar	1	6	6	6
FREGAR	Girar	1	19	19	19
FREGONA	Girar	1	14	14	14
FRESADORA	Girar	1	11	11	11
FUTBOLÍN	Girar	1	6	6	6
GIRASOL	Girar	6	13.67	8	19

*Anexos*

GIROSCOPIO	Girar	1	7.00	7	7
GRADOS	Girar	1	10	10	10
GRIFO	Girar	24	8.46	2	25
GRINDER	Girar	1	7	7	7
GUÍA	Girar	4	1.75	1	3
HÉLICE	Girar	11	8.45	1	15
HELICÓPTERO	Girar	1	19	19	19
HOJA	Girar	4	10.5	7	18
HORMIGONERA	Girar	1	13	13	13
HORMIGUERA	Girar	2	14	12	16
HORNO	Girar	1	4	4	4
HULA	Girar	4	11	9	13
HURACÁN	Girar	1	15	15	15
INODORO	Girar	1	8	8	8
INTERMITENTE	Girar	1	6	6	6
INTERRUPTOR	Girar	3	7	6	8
LABIAL	Girar	1	7	7	7
LÁMPARA	Girar	1	16	16	16
LÁPIZ	Girar	5	12	5	23
LAVADORA	Girar	21	11.14	3	23

*Anexos*

LECHE	Girar	1	4	4	4
LECTOR	Girar	1	20	20	20
LIBRO	Girar	1	17	17	17
LICUADORA	Girar	1	10	10	10
LIJADORA	Girar	1	12	12	12
LÍQUIDO	Girar	1	14	14	14
LLAVE	Girar	41	4.17	1	24
LUNA	Girar	4	11.75	2	18
MACHINAS	Girar	1	8	8	8
MANDO	Girar	2	10	7	13
MANECILLA	Girar	11	9.64	3	23
MANIGUETA	Girar	2	2.5	2	3
MANIJAS	Girar	1	3	3	3
MANILLA	Girar	8	7.13	1	18
MANILLAR	Girar	28	6.54	1	19
MANIVELA	Girar	38	6.13	1	19
MANO	Girar	5	10.2	1	23
MANTA	Girar	1	18	18	18
MANUBRIO	Girar	4	5.5	1	8
MAREA	Girar	1	13	13	13

*Anexos*

MAREO	Girar	1	5	5	5
MÁSTIL	Girar	1	17	17	17
MECHERO	Girar	1	15	15	15
MESA	Girar	4	6.75	2	9
METRÓNOMO	Girar	1	17	17	17
MEZCLADORA	Girar	1	20	20	20
MICROONDAS	Girar	8	11.88	5	19
MIRADA	Girar	1	9	9	9
MOLINILLO	Girar	5	9.2	4	18
MOLINO	Girar	18	10.72	1	23
MONEDA	Girar	2	16	12	20
MOTOR	Girar	4	14	6	24
MUNDO	Girar	1	8	8	8
MUÑECA	Girar	4	11.25	4	15
NEUMÁTICO	Girar	1	6	6	6
NEVERA	Girar	1	6	6	6
NORIA	Girar	29	9	1	18
OJO	Girar	4	15.25	11	22
OLLA	Girar	1	17	17	17
ÓRBITA	Girar	2	15.5	13	18

*Anexos*

ORDENADOR	Girar	1	20	20	20
OVILLO	Girar	1	21	21	21
PÁGINA	Girar	1	6	6	6
PALANCA	Girar	10	6.7	2	11
PANCAKES	Girar	1	13	13	13
PANEL	Girar	1	13	13	13
PANTALLA	Girar	6	7.17	3	12
PAÑUELO	Girar	1	13	13	13
PAPEL	Girar	3	4.67	4	6
PARED	Girar	1	15	15	15
PASAPURÉ	Girar	1	8	8	8
PASOS	Girar	1	7	7	7
PEDAL	Girar	7	10.71	8	18
PELO	Girar	1	15	15	15
PELOTA	Girar	9	10	5	17
PENDIENTE	Girar	4	6.25	2	16
PÉNDULO	Girar	2	14	12	16
PEONZA	Girar	32	8.16	1	21
PERFORADORA	Girar	1	17	17	17
PERGAMINO	Girar	1	21	21	21

*Anexos*

PERILLA	Girar	2	1.5	1	2
PERISCOPIO	Girar	1	15	15	15
PERSIANA	Girar	3	13.33	9	17
PERSONA	Girar	1	4	4	4
PESTILLO	Girar	2	7.5	5	10
PICAPORTE	Girar	11	3.82	1	13
PIE	Girar	1	4	4	4
PINTALABIOS	Girar	4	10.75	6	20
PINTAUÑAS	Girar	1	12	12	12
PIZARRA	Girar	1	19	19	19
PLANETA	Girar	17	11.35	4	24
PLATAFORMA	Girar	1	5	5	5
PLATO	Girar	3	11	2	23
POLEA	Girar	9	12.89	4	19
POMO	Girar	47	4.15	1	20
PÓMULO	Girar	1	5	5	5
POTE	Girar	2	7.5	3	12
PUERTA	Girar	16	8.69	1	25
PULSERA	Girar	1	9	9	9
PUNTA	Girar	1	11	11	11

*Anexos*

PUPITRE	Girar	1	5	5	5
RADIAL	Girar	2	18	16	20
REGULADOR	Girar	2	13.5	12	15
RELOJ	Girar	20	9.9	2	19
REMO	Girar	1	14	14	14
REMOLINO	Girar	1	6	6	6
RETROVISOR	Girar	1	12	12	12
RIZADOR	Girar	1	11	11	11
RODAMIENTO	Girar	2	11.5	10	13
RODILLA	Girar	2	16	13	19
RODILLO	Girar	5	11.8	8	20
ROSARIO	Girar	1	23	23	23
ROSCA	Girar	7	11.29	2	21
ROTATIVA	Girar	1	11	11	11
ROTONDA	Girar	5	11	5	17
ROTOR	Girar	2	9	9	9
RUECA	Girar	1	5	5	5
RUEDA	Girar	72	6.64	1	25
RUEDÍN	Girar	1	10	10	10
RULETA	Girar	33	9.70	2	20

*Anexos*

RULOS	Girar	1	12	12	12
SÁBANA	Girar	1	17	17	17
SACACORCHOS	Girar	3	13.33	3	22
SACAPUNTAS	Girar	6	13.67	5	22
SALUDAR	Girar	1	6	6	6
SARTÉN	Girar	2	10.5	9	12
SATÉLITE	Girar	3	15.33	9	25
SECADORA	Girar	6	14.83	8	22
SERPIENTE	Girar	1	7	7	7
SILLA	Girar	9	8.22	2	23
SILLÍN	Girar	1	11	11	11
SOGA	Girar	1	7	7	7
SOL	Girar	5	9.2	6	14
TALADRADORA	Girar	3	9.67	4	13
TALADRO	Girar	6	10.33	6	15
TAPA	Girar	11	6.55	1	20
TAPADERA	Girar	7	8.86	6	12
TAPÓN	Girar	59	5.93	1	20
TARJETA	Girar	1	16	16	16
TELAR	Girar	1	9	9	9

*Anexos*

TELESCOPIO	Girar	1	4	4	4
TELEVISIÓN	Girar	1	6	6	6
TEMPORIZADOR	Girar	2	4.5	2	7
TENEDOR	Girar	1	21	21	21
TERMO	Girar	1	1	1	1
TERMOSTATO	Girar	4	8.25	3	14
TIERRA	Girar	7	9.71	3	15
TIMÓN	Girar	14	8.71	2	18
TIOVIVO	Girar	12	9.33	1	22
TOBILLO	Girar	1	14	14	14
TORBELLINO	Girar	1	17	17	17
TORILLO	Girar	1	1	1	1
TORNADO	Girar	4	9.75	8	12
TORNILLO	Girar	59	7.37	1	17
TORNO	Girar	6	8.83	3	17
TORTILLA	Girar	1	3	3	3
TOSTADORA	Girar	1	11	11	11
TRAGAPERRAS	Girar	1	19	19	19
TREN	Girar	1	5	5	5
TROMPO	Girar	2	11.5	6	17

*Anexos*

TUBO	Girar	1	25	25	25
TUERCA	Girar	38	8.32	1	19
TURBINA	Girar	5	12.4	4	22
VARILLAS	Girar	1	10	10	10
VELETA	Girar	15	12.67	3	23
VENTANA	Girar	1	3	3	3
VENTILADOR	Girar	16	10.81	3	24
VINILO	Girar	1	7	7	7
VITRINA	Girar	1	2	2	2
VOLANTE	Girar	77	4.61	1	22
VOLTERETA	Girar	2	7.5	5	10
VOLUMEN	Girar	2	9.5	6	13
VUELTA	Girar	1	6	6	6
YOYO	Girar	5	6.8	4	10
ABRAZO	Presionar	1	14	14	14
ABRIDOR	Presionar	2	10.5	9	12
ACCIÓN	Presionar	1	2	2	2
ACELERADOR	Presionar	7	7.86	2	14
ACETATO	Presionar	1	5	5	5
ACORDEÓN	Presionar	1	8	8	8

*Anexos*

AGUA	Presionar	1	11	11	11
AGUJA	Presionar	7	10	4	15
AGUJERO	Presionar	1	8	8	8
ALARMA	Presionar	3	6.33	4	10
ALICATES	Presionar	1	24	24	24
ALMOHADA	Presionar	2	6.5	4	9
APARATO	Presionar	1	13	13	13
APISONADORA	Presionar	2	9	8	10
ARCILLA	Presionar	2	7.5	4	11
ARMA	Presionar	1	6	6	6
ARTERIA	Presionar	1	11	11	11
ASCENSOR	Presionar	2	8.5	2	15
AURICULARES	Presionar	1	10	10	10
AUTO	Presionar	1	20	20	20
AUTOMÁTICO	Presionar	1	4	4	4
BALÓN	Presionar	1	11	11	11
BARRA	Presionar	1	2	2	2
BARRO	Presionar	1	8	8	8
BÁSCULA	Presionar	1	17	17	17
BATE	Presionar	1	8	8	8

*Anexos*

BATIDORA	Presionar	1	7	7	7
BEEPER	Presionar	1	23	23	23
BICICLETA	Presionar	1	11	11	11
BOCINA	Presionar	7	8.29	4	17
BOLÍGRAFO	Presionar	35	6.37	1	15
BOMBA	Presionar	1	10	10	10
BOMBILLA	Presionar	1	14	14	14
BOQUILLA	Presionar	1	8	8	8
BORRADOR	Presionar	1	11	11	11
BOTE	Presionar	4	11.75	6	21
BOTELLA	Presionar	2	12.5	10	15
BOTÓN	Presionar	92	2.54	1	17
BREA	Presionar	1	7	7	7
BROCHE	Presionar	3	10.67	3	21
CABEZA	Presionar	2	13	7	19
CABLE	Presionar	1	6	6	6
CADENA	Presionar	2	12.5	11	14
CAFETERA	Presionar	1	7	7	7
CAJA	Presionar	2	17.5	17	18
CAJERO	Presionar	1	11	11	11

*Anexos*

CAJÓN	Presionar	1	13	13	13
CALCULADORA	Presionar	1	9	9	9
CALEFACCIÓN	Presionar	1	13	13	13
CALZADOR	Presionar	2	7.5	7	8
CÁMARA	Presionar	1	7	7	7
CAMPUTADORA	Presionar	1	15	15	15
CANDADO	Presionar	2	18	14	22
CÁPSULA	Presionar	1	7	7	7
CAPUCHA	Presionar	1	3	3	3
CAPUCHÓN	Presionar	1	5	5	5
CARCASA	Presionar	1	11	11	11
CARPETA	Presionar	1	24	24	24
CARTABÓN	Presionar	1	19	19	19
CARTÓN	Presionar	1	13	13	13
CASCO	Presionar	2	5.5	5	6
CELO	Presionar	2	15	12	18
CELULAR	Presionar	1	5	5	5
CEMENTO	Presionar	1	6	6	6
CEPILLO	Presionar	1	13	13	13
CERRAR	Presionar	1	3	3	3

*Anexos*

CERVEZA	Presionar	1	10	10	10
CHICLE	Presionar	1	5	5	5
CHINCHETA	Presionar	23	9.04	2	20
CHORRO	Presionar	1	7	7	7
CIERRE	Presionar	1	7	7	7
CIGARRILLO	Presionar	1	2	2	2
CINCHETA	Presionar	1	2	2	2
CINTURÓN	Presionar	4	13.5	6	25
CISTERNA	Presionar	11	6.73	4	11
CLAVIJA	Presionar	3	12	6	17
CLAVO	Presionar	10	9.4	5	16
CLAXON	Presionar	19	6.95	2	14
CLICKEAR	Presionar	1	5	5	5
CLIP	Presionar	1	3	3	3
CLÍTORIS	Presionar	1	9	9	9
COCHE	Presionar	1	9	9	9
COGER	Presionar	1	2	2	2
COLCHÓN	Presionar	1	5	5	5
COLGANTE	Presionar	1	22	22	22
COLONIA	Presionar	1	3	3	3

*Anexos*

COMIDA	Presionar	1	15	15	15
CONMUTADOR	Presionar	1	12	12	12
CONTENEDOR	Presionar	1	13	13	13
CONTROL	Presionar	1	10	10	10
CORAZÓN	Presionar	1	11	11	11
CORCHETE	Presionar	8	7	3	14
CORCHO	Presionar	3	12	11	14
CORRECTOR	Presionar	1	4	4	4
CORSÉ	Presionar	2	6.5	3	10
CORTAÑAS	Presionar	2	16	13	19
CREMA	Presionar	2	6.5	3	10
CRONÓMETRO	Presionar	2	7	6	8
CUBIERTO	Presionar	1	5	5	5
CUCHILLO	Presionar	7	11.71	7	16
CUELLO	Presionar	1	15	15	15
CUERDA	Presionar	5	3.6	1	7
CUERPO	Presionar	1	8	8	8
DECISIÓN	Presionar	1	12	12	12
DEDO	Presionar	1	10	10	10
DENTÍFRICO	Presionar	2	7.5	5	10

*Anexos*

DESATASCADOR	Presionar	1	7	7	7
DESPERTADOR	Presionar	2	5.5	4	7
DESTORNILLADOR	Presionar	1	9	9	9
DIENTES	Presionar	2	17	10	24
DISPENSADOR	Presionar	3	11	8	15
ELEVADOR	Presionar	2	10.5	2	19
EMBRAGUE	Presionar	3	11	8	13
ENCAJE	Presionar	1	9	9	9
ENCENDEDOR	Presionar	1	6	6	6
ENCHUFAR	Presionar	1	12	12	12
ENCHUFE	Presionar	6	10.17	6	24
ENGANCHE	Presionar	1	8	8	8
ENVASE	Presionar	1	11	11	11
ESCRIBIR	Presionar	1	6	6	6
ESCRITORIO	Presionar	1	21	21	21
ESCUADRA	Presionar	1	18	18	18
ESPIRAL	Presionar	1	1	1	1
ESPONJA	Presionar	3	9.67	7	12
ESTAMPILLA	Presionar	1	2	2	2
EXPLOTAR	Presionar	1	25	25	25

*Anexos*

EXPRIMIDOR	Presionar	1	3	3	3
FAJA	Presionar	1	4	4	4
FLAN	Presionar	1	15	15	15
FLEXO	Presionar	1	9	9	9
FOLIO	Presionar	1	4	4	4
FREGONA	Presionar	1	12	12	12
FRENO	Presionar	13	8.46	2	15
FRIGORÍFICO	Presionar	1	9	9	9
FUENTE	Presionar	1	4	4	4
FUNDA	Presionar	1	8	8	8
GASA	Presionar	2	5.5	5	6
GATILLO	Presionar	12	7.83	4	14
GATO	Presionar	2	9.5	8	11
GEL	Presionar	1	4	4	4
GLOBO	Presionar	1	9	9	9
GOLPE	Presionar	1	7	7	7
GOMA	Presionar	4	9.5	7	13
GRANO	Presionar	3	8.67	3	14
GRAPADORA	Presionar	9	8.67	3	15
GRIFO	Presionar	8	7.13	2	20

*Anexos*

GUITARRA	Presionar	1	1	1	1
HEMORRAGIA	Presionar	1	6	6	6
HENDIDURA	Presionar	1	6	6	6
HERIDA	Presionar	11	6	1	19
HORNO	Presionar	2	14	10	18
HORQUILLA	Presionar	1	4	4	4
HUECO	Presionar	1	8	8	8
ICONO	Presionar	1	7	7	7
IMPERDIBLE	Presionar	2	2.5	2	3
INHALADOR	Presionar	1	8	8	8
INODORO	Presionar	1	6	6	6
INSTRUMENTOS	Presionar	1	11	11	11
INTERCOMUNICADOR	Presionar	1	6	6	6
INTERMITENTES	Presionar	2	9	9	9
INTERRUPTOR	Presionar	58	5.47	1	18
INYECCIÓN	Presionar	3	11.67	5	15
IPAD	Presionar	2	6.5	4	9
JABÓN	Presionar	1	12	12	12
JEFE	Presionar	1	1	1	1
JERINGUILLA	Presionar	4	12.75	7	22

*Anexos*

KETCHUP	Presionar	1	8	8	8
LADRILLO	Presionar	1	20	20	20
LÁPIZ	Presionar	4	4.25	1	7
LATA	Presionar	3	7.33	4	13
LEGO	Presionar	1	10	10	10
LIBRO	Presionar	1	8	8	8
LINTERNA	Presionar	1	13	13	13
LLAVE	Presionar	2	11	10	12
LUCES	Presionar	1	8	8	8
LUZ	Presionar	2	5	5	5
MALETA	Presionar	5	13.6	8	25
MANDÍBULA	Presionar	1	3	3	3
MANDO	Presionar	22	6.77	1	17
MANILLA	Presionar	3	7.67	6	10
MANILLAR	Presionar	2	9	9	9
MANIVELA	Presionar	1	23	23	23
MANO	Presionar	4	6.25	5	8
MAQUILLAJE	Presionar	2	10.5	7	14
MÁQUINA	Presionar	4	4	3	5
MARCADOR	Presionar	1	8	8	8

*Anexos*

MARTILLO	Presionar	7	9.14	1	19
MASA	Presionar	3	10.33	9	13
MASAJE	Presionar	1	7	7	7
MASAJEADOR	Presionar	3	12.33	3	18
MATASELLOS	Presionar	1	9	9	9
MECHERO	Presionar	11	9.09	4	20
MESA	Presionar	1	12	12	12
MICROONDAS	Presionar	4	12.75	7	19
MOLDE	Presionar	3	13.33	8	16
MORATÓN	Presionar	2	4	2	6
MORTERO	Presionar	2	7	6	8
MOSQUETÓN	Presionar	1	21	21	21
MÓVIL	Presionar	11	6	2	13
MUELLE	Presionar	6	10.33	3	18
MÚSCULO	Presionar	3	9.33	4	17
NEVERA	Presionar	1	7	7	7
NUDO	Presionar	1	20	20	20
OJOS	Presionar	1	3	3	3
OLLA	Presionar	1	5	5	5
ORDENADOR	Presionar	2	8.5	3	14

*Anexos*

ORIFICIO	Presionar	1	6	6	6
PALANCA	Presionar	43	5.28	1	23
PALILLO	Presionar	1	4	4	4
PALO	Presionar	1	14	14	14
PANDERETA	Presionar	1	6	6	6
PANEL	Presionar	2	4.5	2	7
PANTALLA	Presionar	24	6.42	1	16
PARAGUAS	Presionar	2	15	9	21
PARED	Presionar	3	8	5	11
PASTILLERO	Presionar	1	8	8	8
PECHO	Presionar	1	3	3	3
PEDAL	Presionar	23	7.22	3	19
PEGAMENTO	Presionar	4	10.5	2	17
PEGATINA	Presionar	4	12	6	20
PEINE	Presionar	1	13	13	13
PELO	Presionar	2	9.5	9	10
PENDIENTE	Presionar	5	12.6	3	24
PERCUTOR	Presionar	2	7	5	9
PERFUME	Presionar	1	22	22	22
PERSONA	Presionar	2	7.00	6	8

*Anexos*

PIANO	Presionar	8	6.13	2	10
PICADORA	Presionar	1	6	6	6
PICAPORTE	Presionar	2	6	3	9
PIEZA	Presionar	3	6.67	6	8
PIN	Presionar	1	24	24	24
PINZA	Presionar	12	12	2	25
PISTOLA	Presionar	6	7.5	4	12
PIZARRA	Presionar	2	12.5	8	17
PLACA	Presionar	1	4	4	4
PLANCHA	Presionar	4	10.75	7	17
PLASTILINA	Presionar	7	6.86	3	12
POMO	Presionar	2	13	4	22
PORTAMINAS	Presionar	6	7.67	3	13
PORTERO	Presionar	1	5	5	5
POSTIT	Presionar	1	3	3	3
PRENSA	Presionar	2	3.5	3	4
PUA	Presionar	1	6	6	6
PUERTA	Presionar	23	5.30	1	12
PULSADOR	Presionar	5	6	2	12
PULSERA	Presionar	1	23	23	23

*Anexos*

PULSO	Presionar	1	1	1	1
PULSOMETRO	Presionar	1	10	10	10
PULVERIZADOR	Presionar	1	12	12	12
PUNTA	Presionar	3	13	8	19
PUNTO	Presionar	1	6	6	6
PUNZÓN	Presionar	1	8	8	8
PUÑO	Presionar	2	20.5	18	23
QUITAMANCHAS	Presionar	1	22	22	22
RADIO	Presionar	1	9	9	9
RATÓN	Presionar	20	9	3	23
RELOJ	Presionar	2	11	10	12
REMACHE	Presionar	1	9	9	9
REPELADO	Presionar	1	16	16	16
ROPA	Presionar	3	11.33	9	13
ROTULADOR	Presionar	1	8	8	8
RUEDAS	Presionar	1	12	12	12
SACACORCHOS	Presionar	1	12	12	12
SALUDO	Presionar	1	15	15	15
SANGRE	Presionar	1	18	18	18
SECADOR	Presionar	1	11	11	11

*Anexos*

SECADORA	Presionar	1	11	11	11
SELECCIONAR	Presionar	1	4	4	4
SELLO	Presionar	3	16	9	23
SEMÁFORO	Presionar	1	10	10	10
SENSOR	Presionar	2	4.5	3	6
SHAMPOO	Presionar	2	8	5	11
SIEN	Presionar	1	3	3	3
SILLA	Presionar	1	14	14	14
SOLAPA	Presionar	1	5	5	5
SPRAY	Presionar	2	6.5	5	8
SUELO	Presionar	1	6	6	6
SUPERFICIE	Presionar	1	3	3	3
SWITCH	Presionar	1	8	8	8
TABLET	Presionar	2	7.5	2	13
TACHUELA	Presionar	2	11	9	13
TACO	Presionar	1	10	10	10
TALADRADORA	Presionar	1	7	7	7
TALADRO	Presionar	4	11.5	9	15
TAMBOR	Presionar	2	8	7	9
TAMPÓN	Presionar	2	11.5	10	13

*Anexos*

TAPA	Presionar	12	5	2	15
TAPADERA	Presionar	9	6.44	3	9
TAPÓN	Presionar	12	7.67	2	17
TATUAJE	Presionar	1	16	16	16
TECLA	Presionar	48	2.69	1	17
TECLADO	Presionar	18	4.22	1	10
TELEBANCO	Presionar	1	16	16	16
TELEFONILLO	Presionar	3	7.33	4	11
TELÉFONO	Presionar	6	5.17	1	8
TELEVISIÓN	Presionar	1	5	5	5
TENEDOR	Presionar	6	8.83	4	15
TENSIÓMETRO	Presionar	2	8	4	12
TIERRA	Presionar	1	16	16	16
TIJERAS	Presionar	3	13.67	7	20
TIMBRE	Presionar	42	6.02	1	25
TIPEX	Presionar	7	8.57	5	11
TIRITA	Presionar	1	2	2	2
TIZA	Presionar	9	12.67	5	25
TORNILLO	Presionar	3	12.67	5	18
TOSTADOR	Presionar	1	15	15	15

*Anexos*

TUERCA	Presionar	3	10.33	9	11
TUPPER	Presionar	1	10	10	10
VÁLVULA	Presionar	1	1	1	1
VELCRO	Presionar	1	9	9	9
VENA	Presionar	1	10	10	10
VENTANA	Presionar	5	10.6	7	16
VITROCERÁMICA	Presionar	9	6.89	3	11
ZAPATOS	Presionar	1	14	14	14

---

**Anexo 3. Lista de Palabras en el experimento 1.**

PRESIONAR	GIRAR	NEUTRAS
Botón	Bombilla	Alcantarilla
Calculadora	Caleidoscopio	Antena
Chincheta	Compás	Bolso
Claxon	Destornillador	Bordillo
Cronómetro	Exprimidor	Cabaña
Despertador	Futbolín	Cuadrado
Dispensador	Llave	Establo
Gatillo	Manivela	Estanque
Grapadora	Molinillo	Estatua
Inhalador	Pasapuré	Estuche
Intercomunicador	Peonza	Goma
Interruptor	Pintalabios	Letrero
Móvil	Pomo	Muralla
Perforador	Ruleta	Paraguas
Piano	Sacacorchos	Páramo
Picadora	Sacapuntas	Pizarra
Portaminas	Tapadera	Poste
Portátil	Tarro	Recogedor
Pulsador	Temporizador	Restaurante
Sello	Termostato	Semáforo
Spray	Timón	Terraza
Teclado	Tornillo	Tijeras
Teléfono	Torno	Transmisor

*Anexos*

---

Timbre	Tuerca	Tubería
Velcro	Volante	Tubo

---

**Anexo 3. Lista de Palabras en el experimento 2.**

PRESIONAR	GIRAR	NEUTRAS
Botón	Foco	Albergue
Calculadora	Caleidoscopio	Alcantarilla
Tachuela	Compás	Antena
Claxon	Desatornillador	Bordillo
Cronómetro	Abrelatas	Cabaña
Despertador	Fútbolín	Columna
Dispensador	Llave	Contenedor
Gatillo	Manija	Cuadrado
Engrapadora	Moedor	Escritorio
Inhalador	Batidor	Establo
Intercomunicador	Pirinola	Estanque
Interruptor	Pintalabios	Estatua
Perforadora	Perilla	Hostal
Piano	Ruleta	Huerto
Picadora	Sacacorchos	Letrero
Portaminas	Sacapuntas	Muralla
Contador	Tapadera	Páramo
Sello	Frasco	Pizarra
Spray	Temporizador	Poste
Teclado	Termostato	Restaurante
Teléfono	Timón	Semáforo
Timbre	Tornillo	Terraza

*Anexos*

---

Velcro	Torno	Tubo
Laptop	Tuerca	Transmisor
Celular	Volante	Tubería

---

**Anexo 4. Lista de Palabras en el experimento 3.**

PRESIONAR	GIRAR	NEUTRAS
Botón	Foco	Albergue
Calculadora	Caleidoscopio	Alcantarilla
Tachuela	Compás	Antena
Claxon	Desatornillador	Banqueta
Cronómetro	Abrelatas	Cabaña
Despertador	Futbolito	Casa
Dispensador	Llave	Columna
Gatillo	Manija	Cuadrado
Engrapadora	Moedor	Escritorio
Inhalador	Batidor	Establo
Intercomunicador	Pirinola	Estanque
Interruptor	Pintalabios	Estatua
Perforadora	Perilla	Hostal
Piano	Ruleta	Huerto
Picadora	Sacacorchos	Letrero
Lapicero	Sacapuntas	Muralla
Contador	Tapadera	Páramo
Sello	Frasco	Pizarrón
Spray	Temporizador	Poste
Teclado	Termostato	Restaurante
Teléfono	Timón	Semáforo
Timbre	Tornillo	Terraza

*Anexos*

---

Velcro	Torno	Tubo
Laptop	Tuerca	Transmisor
Celular	Volante	Tubería

---

**Anexo 5. Lista de Palabras en el experimento 4.**

PRESIONAR	GIRAR	NEUTRAS
Botón	Abrelatas	Abanico
Calculadora	Bombilla	Anillo
Cámara	Botella	Bolso
Chincheta	Candado	Cepillo
Cláxon	Cantimplora	Cerilla
Cronómetro	Cerradura	Cigarro
Despertador	Destornillador	Clip
Dispensador	Exprimidor	Cuaderno
Grabadora	Futbolín	Estuche
Grapadora	Grifo	Flauta
Intercomunicador	Llave	Gafas
Interruptor	Molinillo	Goma
Móvil	Peonza	Martillo
Ordenador	Pestillo	Paraguas
Perforador	Pomo	Pastilla
Perfume	Sacacorchos	Peine
Piano	Sacapuntas	Pelota
Picadora	Tapadera	Pincel
Portátil	Tarro	Plancha
Spray	Temporizador	Plumero
Tecla	Termo	Recogedor
Teclado	Termostato	Taza

*Anexos*

---

Teléfono	Tornillo	Tenedor
Timbre	Tuerca	Tijeras
Ratón	Válvula	Trofeo

---

**Anexo 6. Orden de presentación de Palabras en el experimento 5.**

TIPO	ORDEN DE PRESENTACIÓN
Neutra	Clipe
Presionar	Dispensador
Neutra	Sapatilha
Presionar	Campainha
Neutra	Telescópio
Presionar	Calculadora
Neutra	Copa
Presionar	Botão
Neutra	Passaporte
Neutra	Bomba
Presionar	Rato
Presionar	Piano
Neutra	Helicóptero
Neutra	Diploma
Presionar	Cronómetro
Presionar	Terminal
Neutra	Espelho

*Anexos*

Presionar	Leitor
Presionar	Telefone