

Contribución desde la neuropsicología al estudio de la memoria semántica

Contribution from neuropsychology to the study of semantic memory

LETICIA VIVAS* Y RICARDO GARCÍA GARCÍA**

Abstract

Semantic memory has been studied from various fields. The first models emerged from cognitive psychology from the hand of the division proposed by Tulving between semantic and episodic memory. Over the past thirty years there have been parallel developments in the fields of psycholinguistics, cognitive psychology and cognitive neuropsychology. The present work is to review the contributions that have emerged within the neuropsychology to the study of semantic memory and to present an updated overview of the points of consensus. First, it is defined the term “semantics” conceptually within the field of neuropsychology. Then, there is a dichotomy that passes through both psychological and neuropsychological models on semantic memory: the existence of modals versus amodal representations. Third, there are developed the main theoretical models in neuropsychology that emerged in an attempt to explain category-specific semantic deficits. Finally, more robust contributions and points that still generate some discussion are reviewed.

Keywords: conceptual organization, semantic memory, neuropsychology.

Resumen

La memoria semántica ha sido estudiada desde diversos campos. Los primeros modelos surgieron desde la psicología cognitiva de la mano de la división propuesta por Tulving entre memoria semántica y episódica. En los últimos treinta años se han producido desarrollos en paralelo en los campos de la psicolingüística, la psicología cognitiva y la neuropsicología cognitiva. El presente trabajo se propone revisar los aportes que han surgido desde la neuropsicología al estudio de la memoria semántica, así como presentar un panorama actualizado con los puntos de consenso. En primer lugar se delimita conceptualmente el término “semántica” dentro del campo de la neuropsicología. Luego se plantea una dicotomía que atraviesa los modelos tanto psicológicos como neuropsicológicos acerca de la memoria semántica: la existencia de representaciones modales versus amodales. En tercer lugar se desarrollan los principales modelos teóricos en neuropsicología que surgieron en un intento de explicar los déficits semánticos de categoría específica. Finalmente se revisan los aportes más robustos y los puntos que aún generan ciertos debates.

Palabras clave: organización conceptual, memoria semántica, neuropsicología.

* Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina. Correo electrónico: lvivas@mdp.edu.ar

** Universidad de Salamanca, España. Correo electrónico: rigar@usal.es

Introducción

Desde fines de los años 60 se han desarrollado numerosos modelos dentro del campo de la psicología cognitiva, que tuvieron por objetivo describir la estructura que podría tener el conocimiento almacenado en la memoria semántica. Entre los pioneros se hallan los modelos de redes semánticas (Collins y Quillian, 1969; Collins y Loftus, 1975) que proponen que la memoria semántica está organizada en forma de red. Cada concepto es representado mediante un nodo y sus vinculaciones son representadas mediante lazos. Posteriormente se desarrollaron los modelos de procesamiento distribuido en paralelo, que suponen que la memoria semántica se organiza en términos de una red distribuida de rasgos y utilizan como método primordial de contrastación de hipótesis la elaboración de redes neuronales. Dos de los investigadores más representativos dentro de esta corriente son Timothy Rogers y James McClelland, quienes plantearon un modelo acerca del procesamiento semántico basándose en este enfoque. Ellos proponen que el procesamiento ocurre a través de la propagación de señales graduadas en un sistema distribuido de unidades de procesamiento sub-simbólicas, y que las representaciones utilizadas comprenden patrones de activación a lo largo de las unidades en una red neuronal (Rogers y McClelland, 2004).

En el ámbito de la neuropsicología cognitiva, gran cantidad de propuestas acerca de la organización del conocimiento conceptual surgieron mediante el estudio de pacientes con déficits semánticos de categoría específica. Estos son pacientes que presentan dificultades para realizar determinadas tareas con estímulos de una categoría semántica pero no de otras (las disociaciones que han sido reportadas con más frecuencia son entre seres animados e inanimados). Las tres líneas teóricas principales son: la teoría sensorio-funcional (Warrington y Shallice, 1984; Warrington y McCarthy, 1983), la hipótesis de dominio específico (Caramazza y Shelton, 1998) y las teorías de estructura conceptual (Tyler y Moss, 2001; Caramazza, Hillis, Rapp, y Romani, 1990).

Consideraciones sobre el término *semántica*

Cuando hablamos de semántica cabe establecer una diferenciación entre la concepción lingüística y la concepción psicológica de este término. Desde el punto de vista de la lingüística, el estudio de la semántica hace referencia al significado de las palabras. De este modo, el interés está ubicado en la relación entre el significante (la palabra en sí o lexema), el significado (que hace referencia a lo que denota la palabra) y su referente en el mundo real. Este enfoque es denominado semántica referencial porque argumenta que las palabras toman su significado en referencia a los objetos y eventos del mundo real (Murphy, 2002). Desde el punto de vista psicológico, esta teoría es inaceptable puesto que las personas no tenemos acceso a todos los objetos y eventos. Las teorías psicológicas asumen que las personas tienen una suerte de descripción mental que les permite seleccionar ejemplares de una palabra y comprenderla cuando la escuchan. Por ejemplo, a pesar de que la gente no conoce a todos los perros posibles, tiene una descripción en su lexicón mental de lo que significa *perro* que le permite identificar a los perros. Una de las posturas psicológicas acerca del significado de las palabras es el enfoque conceptual planteado por Murphy (2002). Éste considera que el significado de las palabras está representado psicológicamente mediante mapas de palabras en estructuras conceptuales. En palabras del autor:

“That is, a word gets its significance by being connected to a concept or a coherent structure in our conceptual representation of the word.” (pp. 388)

“Esto es, una palabra toma su significado por medio de su conexión con un concepto o estructura coherente en nuestra representación conceptual del mundo”.

1. El autor sugiere tres principios para un enfoque conceptual:
2. El significado de las palabras está constituido por piezas de estructura conceptual.
3. Una palabra no ambigua debe seleccionar una estructura coherente dentro del conocimiento conceptual.

Cuando una palabra no ambigua tiene múltiples sentidos relacionados, los significados son estructuras conceptuales relacionadas o superpuestas.

A pesar de que los trabajos actuales, en términos generales, coinciden con estos postulados, son numerosas las hipótesis que se han formulado en torno a la articulación entre los aspectos conceptuales y léxicos de la semántica. A medida que se vayan desarrollando los distintos modelos teóricos en este trabajo se observarán distintas posturas.

Por otra parte, algunos autores consideran que el conocimiento enciclopédico y la información léxica acerca de una palabra constituyen contenidos independientes, mientras que otros autores que consideran que ambos contenidos forman parte del mismo sistema semántico. De este modo hay autores como Nickels (2001) que diferencian entre un nivel de procesamiento basado en la semántica léxica, que se ocupa de aspectos léxicos del significado, y un nivel conceptual, vinculado con aspectos preverbales del conocimiento. Por su parte, Collins y Loftus (1975), dentro de los modelos de redes semánticas, hacen una distinción entre una red conceptual (semántica), que estaría organizada por líneas de similitud semántica, y una red léxica, donde estarían almacenados los nombres de los conceptos organizados mediante líneas de similitud fonémica. Sin embargo, otros autores, como Jackendoff (1983), consideran que las estructuras semánticas (es decir, el contenido semántico en el lexicon mental) son simplemente un *subset* de estructuras conceptuales que pueden ser expresadas verbalmente. Así, las representaciones conceptuales conforman una interfase entre la información léxica y otros dominios, como los sistemas sensoriales y motores. Los modelos de procesamiento distribuido en paralelo parecen adherir a esta concepción acerca de las representaciones conceptuales (Moss, Tyler y Taylor, 2006).

Por otra parte, pero en íntima relación con esta discusión, cabe establecer la diferencia entre los *conceptos* y el *significado de las palabras*. Por *concepto* se suele entender una representación psicológica no lingüística de una clase de entidades en el mundo, es decir, el conocimiento de las cosas que hay en el mundo y las propiedades que tienen. El *significado de las palabras*, por su parte, se refiere

al aspecto de las palabras que les otorga significación y los relaciona con el mundo (Murphy, 2002). Las palabras adquieren significancia en la medida en que son conectadas con conceptos.

Actualmente este debate no ha sido resuelto por completo. De todos modos, a pesar de las discrepancias acerca del contenido exacto de la memoria semántica, la mayoría de los modelos que se desarrollan a continuación coinciden en que los conceptos tienen una estructura interna y que las representaciones de los conceptos están conformadas por elementos más pequeños de significado, a los que se refieren como propiedades, rasgos o atributos (se denomina enfoque componencial). A su vez, la categorización sería posible en la medida en que los ejemplares de un concepto puedan ser agrupados de acuerdo a su similitud o a la superposición de atributos. A pesar de que estos modelos difieren en la naturaleza de los atributos que consideran y en las computaciones mediante las cuales se establece la similitud, todos coinciden en que los conceptos son componenciales y se organizan por líneas de similitud.

Representaciones amodales versus modales

Durante muchos años, la postura dominante acerca del sistema conceptual fue la que considera a dicho sistema como un almacén de memoria modular que contiene conocimiento amodal sobre las categorías. La memoria semántica es representada como un sistema modular pues se encuentra separada de los sistemas correspondientes a la memoria episódica y de los sistemas modales correspondientes a la percepción, la acción y el afecto. Las representaciones del sistema semántico serían amodales e independientes de las de los sistemas modales. El procesamiento de los objetos ocurriría de la siguiente manera: de acuerdo al principio de transducción, las representaciones modales que tienen lugar en los sistemas cerebrales subyacentes a la percepción, la acción y la emoción se vuelven activas durante la experiencia con el mundo. Luego el cerebro transduce estas representaciones modales en otras amodales que representan el conocimiento de las categorías en una memoria semántica modular. Cuando nos encontramos con diversas entidades,

por ejemplo un perro, surgen representaciones modales a partir de la vista, el tacto y la audición. Éstas son transducidas en símbolos amodales que dan cuenta de estas experiencias. Por ejemplo, se establecen símbolos sobre el conocimiento conceptual para el ladrido y para el pelaje. Luego, cuando se utiliza el conocimiento de perro en el procesamiento posterior, los símbolos amodales son recuperados para representar la categoría (Barsalou, 2008).

A diferencia de dicho enfoque, las teorías actualmente dominantes en neurociencia cognitiva consideran que el conocimiento de la categoría está arraigado en sistemas cerebrales modales, de forma que los sistemas cerebrales que subyacen a la percepción, acción y emoción son los mismos que subyacen a la representación del conocimiento de las categorías (Barsalou, 2008). Estos modelos sostienen que cuando el sistema lingüístico comienza a reconocer una palabra se activan simulaciones en los sistemas modales del cerebro. A medida que las formas lingüísticas se activan también lo hacen simulaciones que contribuyen al significado de la palabra. Éstas consisten en la generación de estados de activación perceptiva, motora y mental similares a aquellos que ocurren durante la interacción con el referente de la palabra (Barsalou, 1999, 2008; Damasio, 1989; Martin, 2001, 2007; Pulvermüller, 1999; Thompson-Schill, 2003). Por ejemplo, si se presenta la palabra “gato”, las simulaciones activan los estados neurales que representan el aspecto del gato, su sonido, su textura y cómo uno interactúa y se siente emocionalmente respecto a ellos.

Dentro de los modelos que se detallan a continuación, los modelos que siguen la línea del enfoque de estructura conceptual se encuentran en sintonía con la existencia de un sistema semántico unitario amodal (aunque no modular de acuerdo a los autores del modelo), mientras que los modelos derivados de la Teoría Sensorio-Funcional y la Teoría de Topografía Conceptual se encuentran en concordancia con la idea de la existencia de sistemas semánticos modales. La hipótesis de dominio específico, por su parte, considera que el sistema semántico no se organiza en función de modalidades sino de una serie de categorías innatas.

Modelos surgidos a partir del estudio de los déficits semánticos de categoría específica

Dentro del campo de la neuropsicología se han desarrollado numerosos modelos acerca de la organización del conocimiento conceptual a partir del estudio de pacientes con déficits semánticos de categoría específica. Entre los modelos más relevantes podemos destacar la teoría sensorio-funcional, la hipótesis de dominio específico, el enfoque de estructura conceptual y la teoría de topografía conceptual.

Primer intento de explicar los déficits semánticos de categoría específica: la teoría sensorio-funcional

Esta teoría propuesta por Warrington y Shallice (1984) asume que el conocimiento conceptual está organizado de acuerdo con subsistemas semánticos de modalidad específica. Por lo tanto, el conocimiento de una categoría semántica estaría localizado cerca del área sensorio-motora del cerebro que procesa sus propiedades. Estos autores suponen que las propiedades sensoriales y funcionales tienen una importancia diferencial en la identificación de los miembros de las categorías de seres vivos y objetos inanimados. Así, en la categoría de seres vivos los atributos sensoriales cumplirán un rol principal (las rayas del tigre, el rojo del tomate, etc.), mientras que en la categoría de objetos inanimados las propiedades asociativo/funcionales serán primordiales para su reconocimiento (sirve para cortar, se utiliza con un clavo, etc.). Puesto que el daño cerebral producirá un déficit en un sistema sensorio-motor que puede subyacer a varias categorías, entonces pueden verse afectadas conjuntamente distintas categorías semánticas.

Si bien este modelo recibió apoyo empírico de varios casos estudiados por Warrington y Shallice (1984), se ha hallado también evidencia contraria. En primer lugar se han observado casos en que las dificultades semánticas no se restringen a categorías que comparten el peso diferencial para ciertos atributos. Se encontraron pacientes con severas dificultades para la comprensión de frutas y vegetales que conservaban el reconocimiento de animales

(Hart, Berndt y Caramazza, 1985). En segundo lugar, se han estudiado pacientes con déficit semántico de categoría específica que no necesariamente presentaban déficit en un tipo particular de rasgo (Caramazza y Shelton, 1998).

Sin embargo, hay varios modelos posteriores que se basaron en este enfoque y establecieron algunos principios relevantes para el estudio del conocimiento conceptual. Dentro de ellos están: la teoría sensorio-motora (Martin, 2000), la hipótesis de intercorrelación entre características semánticas (Gonnerman, Andersen, Devlin, Kemper y Seidenberg, 1997) y la teoría de las zonas de convergencia (Damasio, 1989; Damasio, H., Tranel, Grabowski, Adolphs, y Damasio, A., 2004).

La primera es muy similar a la teoría sensorio-funcional planteada por Warrington y Shallice, pero agrega la propuesta de que la recuperación de propiedades específicas de los objetos activa regiones cerebrales próximas a las áreas que se activan ante la percepción de esos atributos.

La segunda propone dos cuestiones de importancia. Por un lado, las características que definen un concepto difieren de acuerdo a la capacidad informativa dentro de los conceptos en los que participan, es decir que los atributos difieren de acuerdo a la importancia para el significado de un concepto. Otros autores denominan a este constructo *relevancia* (Sartori y Lombarda, 2004). De este modo, por ejemplo, “tiene trompa” es una característica muy relevante para la definición de elefante, mientras que “tiene cola” no es tan importante para este concepto. En segundo lugar, este modelo propone que existen correlaciones entre ciertas características, y que la distribución de éstas varía en las diferentes categorías (seres vivos y objetos inanimados). Las características semánticas estarían más correlacionadas para la categoría de seres vivos.

Finalmente, la teoría de las zonas de convergencia propuesta por Damasio ha tenido la mejor acogida y es la de mayor vigencia. Ésta supone que los procesos mentales operan a partir de imágenes, que son patrones mentales de cualquier tipo sensorial, explícitos, algunos de los cuales constituyen la manifestación de contenidos mentales que experimentamos conscientemente, mientras que otros permanecen inconscientes. Los princi-

pales sustratos neurales son las áreas sensoriales primarias. Estos patrones neurales cambian constantemente. La base de conocimiento factual del sistema y los mecanismos de “saber cómo” para el procesamiento de imágenes y acciones están contenidos en disposiciones con las cuales: a) se pueden construir imágenes para la recuperación, b) se puede facilitar el procesamiento de imágenes, c) se pueden generar movimientos y d) se pueden regular los procesos biológicos. Los contenidos de las disposiciones son implícitos, de modo que todos los conocimientos innatos o adquiridos existen en forma disposicional con el potencial de volverse una imagen o acción explícita. El sustrato neural de las disposiciones está distribuido en corteza superior, sistema límbico y núcleos subcorticales. Las disposiciones son mantenidas en conjuntos de neuronas llamados *zonas de convergencia* (ZC). Las ZC de nivel comparable son distribuidas en *regiones de convergencia* que se corresponden con regiones del cerebro a gran escala. El proceso de recuperación de un concepto, de acuerdo a esta teoría, sería de la siguiente manera: si se muestra un objeto por vía visual se activa primero la corteza visual primaria de ambos hemisferios. Luego se activan regiones intermediarias en áreas de asociación superiores, que son las bases para las disposiciones necesarias para la recuperación del concepto. Allí se evocan patrones sensorio-motores pertenecientes al objeto. El proceso de denominación, por su parte, consiste, primero, en la activación de las áreas intermediarias del concepto; posteriormente se activan las áreas intermediarias de la palabra correspondiente y de las disposiciones para la denominación. El sistema opera a la inversa cuando el estímulo es una palabra y el objetivo de la tarea es la recuperación de un concepto (Damasio et al., 2004).

Hipótesis de dominio específico

Caramazza y Shelton (1998) plantearon la hipótesis de dominio específico según la cual el sistema conceptual estaría organizado en categorías semánticas. Habría una serie de categorías de gran valor adaptativo que se han consolidado a lo largo de la evolución de la especie y ellas serían vulnerables al daño selectivo. De acuerdo a este modelo, las

presiones evolutivas condujeron a la generación de sistemas cerebrales especializados en la representación de determinadas categorías. Esto se basa en el supuesto de que ha sido fundamental para la supervivencia poder diferenciar entre aquello que constituía alimento de los posibles predadores, así como reconocer aquellos elementos que podrían ser útiles para facilitar una tarea. Es por esto que el dominio de seres vivos parece ser fundamental. Este dominio incluye tanto la comida (vegetales y animales), como los posibles predadores (animales peligrosos para el hombre). Los objetos inanimados representan la ayuda para conseguir la comida (herramientas), así como para orientarse sobre el terreno (rocas, cuevas, ríos, etc.). Por lo anteriormente expuesto, las posibles categorías innatas son tres: animales, frutas y verduras y herramientas. A diferencia de los dos primeros dominios que parecen ser filogenéticamente más antiguos, el último adquirió un papel más relevante en forma tardía. Es por esto que se plantea al tercer dominio como el de todo aquello que queda fuera de seres vivos y comida (Martínez-Cuatiño, 2007).

Los hallazgos neuropsicológicos han identificado varios casos de déficits semánticos de categoría específica para las categorías de animales, frutas y vegetales (Capitani, Laiacona, Mahon y Caramazza, 2003). Así, de acuerdo con la hipótesis de dominio específico, sólo estas tres categorías se alterarían después de una lesión cerebral, puesto que se representarían en áreas neurales altamente especializadas (Santos y Caramazza, 2002). Contrariamente a la propuesta del modelo descrito anteriormente, que proponía la posibilidad de que se alteren varias categorías semánticas (todas aquellas que se basen en cierto sistema sensorio-funcional), este modelo supone que los déficits semánticos de categoría específica sólo afectarán a una categoría evolutiva, correspondiéndose con el área cerebral dañada (será específica de esa categoría).

Enfoque de estructura conceptual

Los modelos de estructura conceptual se basan en el *principio de estructura correlacionada*, según el cual se asume que la organización del conocimiento conceptual refleja la manera en que las propiedades

de los objetos están relacionadas estadísticamente una con otras en el mundo. Estos modelos se oponen a los anteriores, ya que suponen que habría un sistema unitario distribuido amodal, sin fronteras explícitas entre categorías o dominios, en vez de regiones topográficas distintas del cerebro que subyacen a las representaciones de dominios específicos de conocimiento o tipos específicos de rasgos (Capitani, Laiacona, Mahon y Caramazza, 2003).

Dentro de esta línea se encuentra un modelo propuesto por el mismo Caramazza (Caramazza, Hillis, Rapp y Romani, 1990), anterior a la hipótesis de dominio específico, denominado OUCH (*Organized Unitary Content Hypothesis*). De acuerdo con esta propuesta, partiendo de un sistema semántico distribuido, el daño en el sistema puede afectar potencialmente a una categoría de conceptos más que a otra, porque los rasgos conceptuales que tienden a co-ocurrir en los objetos son almacenados cerca en el espacio semántico. Por otra parte, el daño cerebral focal podría dar lugar a déficits semánticos de categoría específica, o bien porque el conocimiento conceptual correspondiente a los objetos con propiedades similares está almacenado en áreas neurales adyacentes o porque el daño a una propiedad dada se propagará a las propiedades altamente correlacionadas. Según el mismo Caramazza (Mahon y Caramazza, 2003), si bien el modelo OUCH es consistente con los datos actualmente disponibles sobre los déficits semánticos de categoría específica, carece de especificidad suficiente para proveer un enfoque sustentado sobre estos hechos.

Un enfoque posterior, dentro de la línea planteada por la OUCH, es el enfoque de estructura conceptual propuesto por Moss, Tylor y Tayler (2006). Éste se enmarca dentro de los modelos de procesamiento distribuido y propone que un concepto dado puede ser definido en función de los rasgos que componen su significado, y que la cualidad y cantidad de estos rasgos, así como su interrelación -es decir su estructura interna-, determinan la manera en que el concepto es activado durante la comprensión y producción del lenguaje normal, así como la manera en que es afectado por un daño en el sistema (Moss et al., 2006). El modelo plantea que hay cuatro variables que son críticas para la estructura interna de un concepto.

Estas son: el número de rasgos, la distintividad de esos rasgos, el patrón de correlación entre ellos y las interacciones de estas variables con el tipo de rasgos. El primero implica la asunción de que algunos conceptos tienen más rasgos que otros y que la mayor cantidad de rasgos va a beneficiar el procesamiento conceptual y léxico. La **distintividad** se refiere al número de conceptos en los que aparece un rasgo. Este término deriva de la *validez de clave* propuesta por Rosch y Mervis (1975) y del concepto de *informatividad* propuesto por Devlin y colaboradores (Devlin, Gonnerman, Andersen y Seidenberg, 1998). Se puede ejemplificar de la siguiente manera: dentro de los rasgos que definen a los animales, “tiene ojos” o “tiene cuatro patas” no son distintivos de ningún animal, ya que son rasgos altamente compartidos. Por el contrario, “tiene rayas” restringe el número de animales que poseen esta característica, con lo cual podemos decir que es un rasgo más distintivo. La **correlación**, por su parte, se refiere al grado en que un rasgo tiende a aparecer junto con otros. Por ejemplo, “tiene ojos”, “tiene boca” y “come” suelen aparecer juntos en muchos tipos de animales. Finalmente, hay diferentes tipos de rasgos (principalmente se distingue entre perceptivos y funcionales) que pueden contribuir en diferentes maneras a la estructura del concepto a lo largo de varias categorías.

El enfoque de estructura conceptual propone que las cuatro dimensiones anteriormente mencionadas interactúan con los dominios, dando lugar a estructuras internas diferentes de acuerdo al dominio en cuestión. De este modo proponen que los seres vivos tienden a tener un mayor número de propiedades correlacionadas, compartidas por varios objetos, y un menor número de propiedades distintivas. A su vez, las propiedades distintivas estarían menos correlacionadas con otras propiedades, lo que las haría más vulnerables al daño. Por otro lado, los objetos inanimados tendrían menos rasgos compartidos, los que estarían menos correlacionados, y mayor cantidad de rasgos distintivos altamente correlacionados con otros rasgos de objetos inanimados (probablemente como resultado de la fuerte relación forma-función que caracteriza a estos conceptos). Como consecuencia, las propiedades distintivas de los objetos inanimados, al estar

altamente correlacionadas con otras propiedades, son más resistentes al daño (Taylor, Moss y Tyler, 2007).

Este modelo asume que un aspecto esencial de la estructura conceptual es el patrón de correlaciones entre forma y función. De este modo, cuando se percibe consistentemente a una forma desempeñando una función, esto va a conducir a aprender que esa forma implica esa determinada función. Los artefactos son diseñados para desempeñar una función específica, de modo que su forma es tan distintiva como su función. Por el contrario, los seres vivos tienden a hacer cosas similares y tienden a parecerse unos a otros, de modo que tienen más rasgos compartidos. De esto se deriva la predicción de que habrá una desventaja en la velocidad de activación de las propiedades distintivas de los seres vivos en relación a otro tipo de rasgos debido a la falta de correlación con otra información, bajo la premisa de que la activación mutua produce un procesamiento inicial más rápido para los rasgos correlacionados.

Integración teórica: la teoría de topografía conceptual

Simmons y Barsalou (2003) proponen una teoría que integra los enfoques anteriores. Este modelo toma de las teorías sensorio-funcionales la asunción de que un sistema sensorio-motor particular subyace a varias categorías, de lo que se desprende la predicción de que el déficit conceptual generalmente va a abarcar más de una categoría. De la hipótesis de dominio específico toma la idea de que las categorías semánticas individuales están representadas de manera circunscripta. Finalmente, del enfoque de estructura conceptual toma la idea de que las categorías surgen a partir de agrupamientos de propiedades correlacionadas.

La teoría de topografía conceptual parte principalmente del modelo de zonas de convergencia propuesto por Damasio, y le añade el principio de similitud en topografía (*Similarity In Topography*, SIT). Éste propone que la estructura categorial se sostiene en la topografía de las áreas cerebrales de asociación. Así, la proximidad espacial de dos neuronas en una zona de convergencia refleja la

similitud de los rasgos que comparten. Este modelo asume que las neuronas conjuntivas para una categoría están dispersas en conjuntos, con agrupamientos de otras categorías ubicándose en el medio. De modo que un agrupamiento dado podrá contener neuronas conjuntivas utilizadas por más de una categoría.

Por otra parte, del principio SIT se desprende un corolario que se denomina de dispersión variable y propone que, visto que la similitud está establecida de manera topográfica, los grupos de neuronas conjuntivas que representan una categoría se acercarán a medida que la similitud inter-categoría aumente. En la medida en que el grupo de una categoría está localizado cercanamente, es más fácil que se altere esa categoría como consecuencia de una lesión.

De acuerdo con este modelo, cada una de las modalidades sensorio-motoras, e incluso las emociones, contienen una configuración de cuatro subsistemas: mapas de rasgos, zonas de convergencia analíticas, holísticas y de modalidad. Además de estas zonas de convergencia de modalidad específica hay zonas de convergencia transmodales que las integran (véase Figura 1).

1. Los mapas de rasgos constituyen el primer nivel de procesamiento al percibir un objeto y son los que codifican el contenido de los estados de modalidad específica, por ejemplo, el color, la orientación de líneas, etc.
2. Las zonas de convergencia analíticas constituyen agrupamientos de rasgos de una entidad que pasan a constituir propiedades analíticas que permiten llevar a cabo tareas de categorización e inferencia. A diferencia de los mapas de rasgos, las propiedades analíticas corresponden a un nivel conceptual, ya que permiten integrar los rasgos comunes de una entidad y facilitan su reconocimiento posterior. Por ejemplo, al ver sucesivamente distintas ruedas se van integrando los rasgos comunes, lo cual permite reconocer una rueda de un vehículo que no había sido vista previamente.
3. Otro tipo de zonas de convergencia son las holísticas. Éstas permiten extraer la configuración de múltiples propiedades analíticas, por

ejemplo, la configuración de los ojos, la boca y la nariz en una cara.

4. Habría también zonas de convergencia de modalidad, las cuales capturarían las regularidades estadísticas a lo largo de la actividad distribuida de las zonas de convergencia analíticas y holísticas. Como las correlaciones de propiedades que ellas capturan son esenciales para una categoría, ellas conforman representaciones de categorías (entendidas como sets de ejemplares en el mundo), aunque lo hacen solo en una modalidad.
5. Finalmente, este modelo propone que habría zonas de convergencia trans-modales. Éstas integrarían propiedades entre modalidades conformando categorías multimodales.

Con respecto al lexicón, ellos consideran que está distribuido a lo largo de los mismos sistemas cerebrales que el sistema conceptual. La diferencia principal estaría en que el lexicón está presente principalmente en el hemisferio izquierdo, mientras que el sistema conceptual es bilateral. Habría zonas de convergencia trans-modales que integrarían neuronas conjuntivas para las palabras y neuronas conjuntivas para los conceptos (Simmons y Barsalou, 2003).

Discusión

Dentro de los modelos presentados en el presente trabajo, la teoría de topografía conceptual constituye una de las propuestas más completas. Este modelo no sólo permite explicar los fenómenos observados en los casos de déficits semánticos de categoría específica, sino que también realiza un interesante aporte acerca de la estructura del sistema conceptual y su funcionamiento. En consonancia con esta propuesta, actualmente hay numerosas evidencias empíricas que brindan soporte al conjunto de modelos que consideran que el conocimiento de las categorías está representado en un sistema distribuido de rasgos, y que las áreas cerebrales que subyacen a la percepción y la acción se superponen en gran medida con las que subyacen a la representación de los conceptos. Esta postura es ampliamente respaldada por estudios de

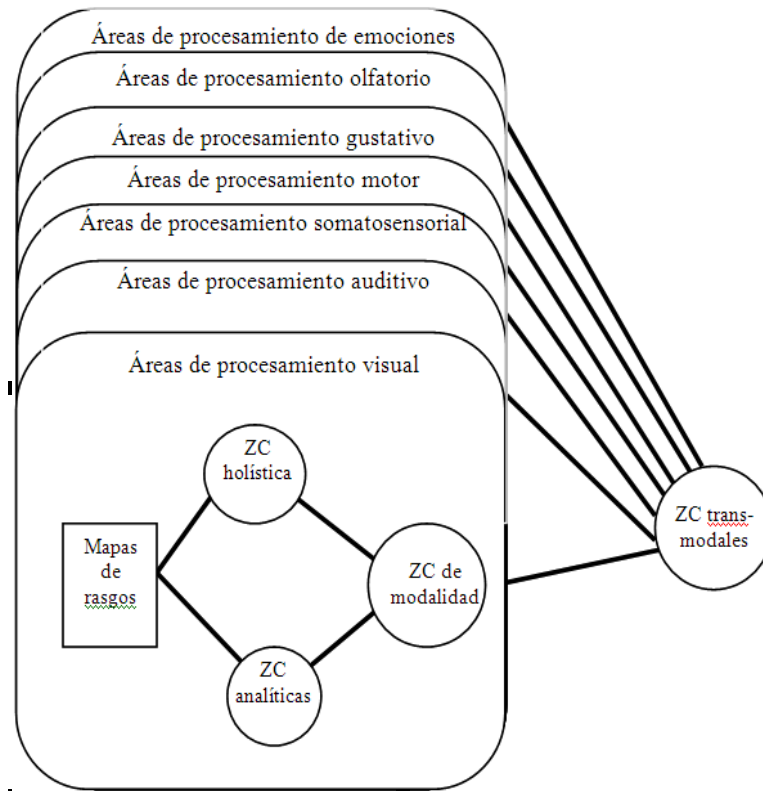


Figura 1. Zonas de convergencia (Simons y Barsalou, 2003)

neuroimágenes que dan cuenta de la activación de áreas sensorio-motoras en tareas que implican la utilización de conocimiento semántico (Kosslyn y Thompson, 2000; Goldenberg, Podreka, Steiner y Willmes, 1987; Gold y Buckner, 2002; Farah y McClelland, 1991; Martin, 2007; Kan, Barsalou, Solomon, Minor, y Thompson-Schill, 2003). A su vez, hay varios modelos de redes neuronales que sostienen la misma postura (Roger y McClelland, 2004; Rogers, Lambon Ralph, Garrard, Bozeat, McClelland, Hodges y Patterson, 2004) y hay estudios en pacientes con lesiones cerebrales que también brindan soporte a esta propuesta (Gallese y Lakoff, 2005).

Para estos modelos el conocimiento semántico emerge de la activación interactiva de representaciones perceptivas de modalidad específica sobre los objetos y enunciados acerca de estos objetos. A su vez, proponen que las representaciones semánticas abstractas emergen como producto de mecanismos de aprendizaje estadísticos en regiones

del córtex que llevan a cabo mapeos multimodales a partir de sus múltiples interconexiones con diferentes áreas perceptivas y motoras (Rogers et al., 2004).

Dentro de este enfoque el modelo de Barsalou es uno de los que ha tenido un mayor desarrollo en los últimos años. Su propuesta continúa en la línea de la teoría de topografía conceptual y se desarrolla a partir de su teoría de simulación situada (Barsalou, 2009). Ésta propone que cuando una entidad es percibida se activan los detectores de rasgos en las modalidades sensoriales pertinentes. El patrón de activación completo, a lo largo de este sistema organizado jerárquicamente, representa una entidad (ej., visión). En la medida en que los sistemas de rasgos se vuelven activos ante la experiencia de una entidad o evento, las neuronas conjuntivas de las áreas de asociación capturan ese patrón de activación para su uso posterior. Los sistemas de representación que integran el contenido multimodal de una categoría se denominan simuladores. Una

vez que se capturó un patrón de rasgos es posible reactualizarlo posteriormente mediante simulación. Este modelo se sitúa dentro de los denominados modelos de cognición arraigada (*grounded cognition*), ya que considera que la cognición implica la reactivación de estados perceptivos, motores e introspectivos, y que se encuentra arraigada en los mismos sistemas cerebrales que subyacen a esos procesos.

Este enfoque también cuenta con una serie de críticas. En primer lugar, hay autores que siguen sosteniendo que el sistema semántico está constituido por un conjunto de representaciones amodales que son independientes de las áreas sensorio-motoras. En un artículo reciente de Mahon y Caramazza (2008) estos autores revisan la evidencia empírica utilizada para respaldar los modelos de cognición arraigada, y sostienen que los mismos resultados pueden ser leídos desde un modelo teórico que contemple una serie de representaciones amodales y no se restrinja a las representaciones modales. Estos modelos se opondrían a los anteriores en el sentido en que consideran que la representación conceptual es simbólica y abstracta y se encuentra separada de la información sensorial y motora. El modelo que plantean Mahon y Caramazza pretende ser una instancia intermedia entre ambos. Estos autores postulan que hay un nivel de representación del significado que es lo suficientemente general y flexible, que puede ser aplicado a entradas de diversas modalidades sensoriales y ser expresado en la acción mediante diversas modalidades de salida. Por otra parte, la información conceptual que es representada en este nivel simbólico y abstracto no es lo que conocemos sobre el mundo. El cono-

cimiento del mundo depende de la interacción del contenido conceptual abstracto con los sistemas sensoriales y motores.

Por otra parte, modelos como el de Karalyn Patterson (Patterson, Nestor y Rogers, 2007), si bien comparten la idea de que parte de los conocimientos acerca de los conceptos se hayan distribuidos en redes modales, también consideran que hay una zona donde converge la información de las distintas modalidades, que se sitúa en el lóbulo temporal anterior. Allí se formarían las representaciones semánticas amodales de orden superior que permitirían la generalización y diferenciación entre conceptos similares.

A modo de conclusión, si bien se ha obtenido cierto nivel de consenso acerca de la organización que tiene el conocimiento conceptual, aún sigue vigente el debate en torno a si el sistema semántico está constituido por un sistema de representaciones simbólicas amodales o por representaciones modales ubicadas en los sistemas sensoriales, motores y emocionales.

Gracias al creciente número de investigaciones que se están desarrollando actualmente, tanto dentro del campo de la neuropsicología como dentro del campo de la psicología cognitiva, es posible establecer un pronóstico optimista en torno a este debate. La neuropsicología cuenta hoy con herramientas de investigación de gran potencial, como son las técnicas de neuroimágenes y electrofisiológicas, y las simulaciones mediante redes neuronales, además de los clásicos estudios de pacientes con lesiones cerebrales. Esto permite suponer que sus aportes convergentes darán lugar a un avance importante en los próximos años.

Referencias

- Barsalou, L.W. (1999). "Perceptual Symbol Systems", en: *Behavioural and Brain Sciences* 22, 577-660.
- Barsalou, L.W. (2008). "Cognitive and Neural Contributions to Understanding the Conceptual System. *Current Directions in Psychological Science*, 17 (2), 91-95.
- Barsalou, L.W. (2009). "Simulation, Situated Conceptualization, and Prediction", en: *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 364, 1281-1289.
- Capitani, E.; Laiacona, M.; Mahon, B. y Caramazza, A. (2003). What are the Facts of Semantic Category-specific Deficits? A Critical Review of the Clinical Evidence", en: *Cognitive Neuropsychology*, 20 (3/4/5/6) 213-261.
- Caramazza, A.; Hillis, A.E.; Rapp, B.C. y Romani, C. (1990). The Multiple Semantics Hypothesis: Multiple Confusions?", en: *Cognitive Neuropsychology*, 7, 161-189.
- Caramazza, A., y Shelton, J.R. (1998). Domain Specific Knowledge Systems in the Brain: The Animate-inanimate Distinction, en: *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10, 1-34.
- Collins, A.M. y Quillian, M.R. (1969). Retrieval time from semantic memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour*, 8, 241-248.
- Collins, A.M. y Loftus, E.F. (1975). A spreading-activation theory of semantic processing. *Psychological Review*, 82, 407-428.
- Damasio, A.R., (1989). The brain binds entities and events by multiregional activation from convergence zones. *Neural Computation* 1, 123-132.
- Damasio, H., Tranel, D., Grabowski, T., Adolphs, R. y Damasio, A. (2004) Neural systems behind word and concept retrieval. *Cognition*, 92, (1-2).
- Devlin, J.T.; Gonnerman, L.M.; Andersen, E.S., y Seidenberg, M.S. (1998). Category specific semantic deficits in focal and widespread brain damage: A computational account. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10(1), 77-94.
- Farah, M.J. y McClelland, J.L. (1991). A computational model of semantic memory impairment: modality specificity and emergent category specificity. *Journal of Experimental Psychology: General*, 120, 339-357.
- Gallese, V. y Lakoff, G. (2005). The brain's concepts: the role of the sensory-motor system in conceptual knowledge. *Cognitive Neuropsychology*, 22, 455-479.
- Gold, T. y Buckner, R.L. (2002). Common prefrontal regions co-activate with dissociable posterior regions during controlled semantic and phonological retrieval tasks. *Neuron* 35, 803-812.
- Goldenberg, G., Podreka, I., Steiner, M. y Willmes, K. (1987). Patterns of regional cerebral blood flow related to memorizing of high and low imagery words: an emission computer tomography study. *Neuropsychologia*, 25, 473-485.
- Gonnerman, L., Andersen, E., Devlin, J., Kemper, D. y Seidenberg, M. (1997). Double dissociation of semantic categories in Alzheimer's Disease. *Brain and Language* 57, 254-279.
- Hart, J.; Berndt, R.S. y Caramazza, A. (1985). Category specific naming deficit following cerebral infarction. *Nature*, 316, 439-440.
- Jackendoff, R. (1983). *Semantics and cognition*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Kan, I.P., Barsalou, L.W., Solomon, K.O., Minor, J.K., y 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, 525-540.
- Kosslyn, S.M. y Thompson, W.L. (2000). Shared mechanisms in visual imagery and visual perception: insights from cognitive neuroscience. En: M.S. Gazzaniga (editor). *The New Cognitive Neurosciences*, Cambridge, MA: MIT Press.
- Mahon, B. y Caramazza, A. (2003). Constraining questions about the organization and representation of conceptual knowledge. *Cognitive Neuropsychology* 20 (3/4/5/6), 433-449.

- Martin, A. (2000). Category specificity and the brain: the sensory/motor model of representations of objects. En: M.S. Gazzaniga (editor) *The New Cognitive Neurosciences*, Cambridge, MA: MIT Press.
- Martin, A. (2001). Functional neuroimaging of semantic memory. En: R. Cabeza y A. Kingstone (Eds.), *Handbook of Functional Neuroimaging of Cognition*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Martin, A. (2007). The representation of object concepts in the brain. *Annual Review of Psychology*, 58, 25-45.
- Martínez-Cuitiño, M.M. (2007). Teorías del conocimiento conceptual. *Revista Argentina de Neuropsicología*, 9, 33-49.
- Moss, H.E.; Tyler, L.K. y Taylor, K.I. (2006). Conceptual structure. En: G. Gaskell (Ed.), *Oxford Handbook of Psycholinguistics*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Murphy, G. L. (2002). *The big book of concepts*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Nickels, L. (2001). Spoken word production. En: B. Rapp (Ed.), *The handbook of cognitive neuropsychology: What deficits reveal about the human mind* (pp. 291-320). Philadelphia: Psychology Press, Inc.
- Patterson, K., Nestor, P.R. y Rogers, T.T. (2007) Where do you know what you know? The representation of semantic knowledge in the brain. *Nature Reviews Neuroscience* 8, 976-987.
- Pulvermüller, F., (1999). Words in the brain's language. *Behavioural and Brain Sciences*, 22, 253-336.
- Rogers, T.T. y McClelland, J.L. (2004) *Semantic cognition: a parallel distributed processing approach*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Rogers, T., Lambon Ralph, M.A., Garrard, P., Bozeat, S., McClelland, J.L., Hodges, J.R. y Patterson, K. (2004) Structure and Deterioration of Semantic Memory: A Neuropsychological and Computational Investigation. *Psychological Review*, 111 (1), 205-235.
- Rosch, E. y Mervis, C.B. (1975). Family resemblances: Studies in the internal structure of categories. *Cognitive Psychology*, 7, 573-605.
- Santos, L. y Caramazza, A. (2002). The domain-specific hypothesis. En: E.M. E. Forde y G. W. Humphreys (Eds.). *Category specificity in brain and mind*. New York: Psychology Press.
- Sartori, G. y Lombardi, L. (2004). Semantic relevance and semantic disorders. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16, 439-452.
- Simmons, W.K. y Barsalou, L.W. (2003). The similarity-in-topography principle: reconciling theories of conceptual deficits. *Cognitive Neuropsychology*, 20, 451-486.
- Thompson-Schill, S.L. (2003). Neuroimaging studies of semantic memory: inferring "how" from "where". *Neuropsychologia* 41, 280-292.
- Tyler, L.K. y Moss, H.E. (2001). Towards a distributed account of conceptual knowledge. *Trends in Cognitive Sciences*, 5, 244-252.
- Taylor, K.I., Moss, H.E. y Tyler, L.K. (2007). The conceptual structure account: a cognitive model of semantic memory and its neural instantiations. En: J. Hart y M. Kraut (Eds.) (2007) *Neural basis of semantic memory*. Cambridge University Press.
- Warrington, E. y McCarthy, R. (1983). Category specific access dysphasia. *Brain*, 106, 859-878.
- Warrington, E.K., y Shallice, T. (1984). Category specific semantic impairments. *Brain*, 107, 829-854.

Fecha de recepción: 23 de diciembre de 2009
Fecha de aceptación: 27 de mayo de 2010