

REDES SEMANTICAS Y REDES NEURONALES: EL PROBLEMA DE LOS PRIMITIVOS SEMANTICOS

Mauricio Iza Miqueleiz

Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea

1.- Introducción

En el intento de explicar cómo se relacionan los conceptos entre sí en la mente humana, se han dado dos respuestas. Una respuesta ha sido la de los primitivos semánticos, otra la de las redes semánticas.

La idea general de la primera aproximación es que presupone la existencia de un conjunto universal de elementos básicos de significado a los que denominamos "primitivos semánticos" que se combinan de forma distinta en las diferentes lenguas.

El problema aparece cuando se intenta determinar cuáles son estos universales, normalmente se toman aspectos vagos y generales como: identidad, tiempo, espacio, cuerpo, movimiento,... Muy pocas veces se ha intentado de forma seria y concisa. Dos de las aproximaciones más interesantes son la de Schank (TDC) y, la de Miller y Johnson-Laird (1976) que intentaron conectar los primitivos semánticos a los primitivos perceptuales, resultando que existen una gran cantidad de primitivos y llegando a la conclusión de que una gran parte del léxico se basa en conceptos primitivos que no son perceptuales.

Pero, el fallo estrepitoso en la búsqueda de los primitivos no implica el abandono de la idea de que los conceptos se encuentran interconectados.

En Ciencia Cognitiva, se han propuesto varios sistemas de organización del conocimiento: desde la "pura asociación" (el conocimiento queda representado en base a conceptos, unidos a otros conceptos por medio de nexos, formando una gran red), hasta estructuras altamente organizadas tipo "frames" (Minsky, 1975) o esquemas (Rumelhart & Ortony, 1977; estos últimos más relacionados con el trabajo de Bartlett (1932); ambos mantienen que la información en la memoria tiene alguna estructura (Garnham, 1985)). En el primer tipo de solución, el papel "activo" del sujeto es relativamente bajo, comparado con el segundo: los "frames" y estructuras similares parten de la idea de que el sujeto reconstruye, reorganiza el mundo al procesarlo, adaptándolo a sus estructuras o esquemas previos.

Sin embargo, uno de los principales problemas de los sistemas de esquemas es su dificultad para construir mecanismos de aprendizaje. Rumelhart y Norman (1981) resuelven esta dificultad diciendo que nunca aprendemos nuevos esquemas sino modificaciones de los ya existentes.

Por otra parte, en las redes semánticas, la memoria semántica es una memoria para conceptos que está organizada en forma de árbol jerárquico, utilizando la pertenencia a una clase como el eslabón relacional básico. Así, la mayoría de los investigadores aceptan que las relaciones entre los conceptos forman algo parecido a una red, pero esta red presenta varias peculiaridades. Si aceptamos que los nodos de la red representan los conceptos y los nexos son las conexiones, ¿de cuántas maneras pueden estar relacionados los conceptos? ¿existe una sola forma o existen más?, esto es, ¿existe un único tipo de nexos? ¿son todos los nexos igual de importantes?. Normalmente, suelen considerarse cuatro tipos de conexiones (o relaciones) como las más importantes: coordinación, co-localización, super-ordenación y sinonimia.

Según Rosch (1973, 1975, 1978) con su teoría de prototipos plantea, respecto a los modelos anteriores de redes semánticas, que este tipo de estructuración y de pertenencia únicamente aparece en los casos de categorías artificiales, a las que tan aficionados se han mostrado los psicólogos experimentales. Si nos interesa estudiar el mundo "real" descubriremos una serie de principios distintos. De hecho, para que las categorías naturales se asemejaran a las artificiales, sería necesario que los estímulos provenientes del mundo real fueran de una naturaleza tal que todos los atributos posibles se combinaran unos con otros con la misma probabilidad, lo que claramente podemos falsar examinando superficialmente estos estímulos. Así, determinadas combinaciones de atributos tienen una alta probabilidad de aparecer, mientras que otras son raras y algunas son lógicamente imposibles o, simplemente, no se dan de hecho (por ejemplo, es mucho más probable que, en el mundo real, encontremos criaturas con alas que tengan plumas que criaturas con alas que tengan pelo).

Así mismo, Schank y Abelson (1977) mantienen que esta organización de la memoria no funcionará para los verbos, tampoco para nombres que sean abstractos, ni para nombres que no se sometan fácilmente a categorías estándar. Incluso si se usan otros eslabones semánticos, además de la pertenencia a una clase, tal organización implica que las proposiciones se almacenan uniéndose a las oraciones o expresiones con las que se materializan. Esto no es posible en un sistema no-orientado-hacia-palabras. Podríamos superar esta dificultad organizando los conceptos en redes, pero la complejidad de las posibles combinaciones de conceptos elementales lo haría extremadamente engorroso.

De este modo, algunos expertos en Inteligencia Artificial se dan cuenta de que los significados no son solamente el producto final de la comprensión de oraciones. Las relaciones semánticas pueden jugar un papel crítico durante el proceso de comprensión mismo. Numerosos programas han utilizado información semántica almacenada para guiar el análisis gramatical de las oraciones y para formular inferencias acerca de sus significados específicos (Schank, 1972; Winograd, 1972). Sin embargo, los programas de este tipo afirman, curiosamente, que las letras y las palabras de una oración llegan ya en una forma adecuada para la computadora para comenzar los análisis de nivel más alto. Así, los creadores de estos programas han separado el proceso de comprensión del proceso de reconocimiento de pautas, cuando es evidente que estos procesos no están separados en el cerebro humano. Para las computadoras y para las personas las relaciones entre los significados de los conceptos pueden ayudar a guiar el proceso de reconocimiento tanto como al proceso de comprensión.

Como vemos, el cerebro es un sistema de almacenamiento de información muy especial. No hemos de olvidar que la velocidad de los distintos procesos mentales dependen de las relaciones entre los significados de los conceptos familiares. El proceso de recuperación de la información verbal de la memoria de largo plazo es rápido y exacto, y es sensible a los factores semánticos. La memoria verbal de largo plazo está organizada por significado, pero no toda información es almacenada directamente. La proximidad de las categorías subyacentes en la estructura de la memoria facilita la codificación inicial de palabras impresas y el acceso de sus significados, mientras que, a veces, inhibe la determinación subsiguiente de las relaciones de conjunto entre las categorías designadas (Meyer y Schvaneveldt, 1976).

Así, podríamos suponer que el cerebro representa la proximidad espacial de conceptos relacionados semánticamente de distintas maneras. Por ejemplo, los grupos de células nerviosas que almacenan la información acerca de los conceptos relacionados pueden ubicarse espacialmente cerca unos de otros; o bien las conexiones entre ellos pueden ser mayores en número; o tener mayor interconexión o fuerza conectiva entre los ya existentes.

2.- El problema de la delimitación de los conceptos en las redes semánticas

Podemos decir que existe un número reducido de conceptos que parecen tener un significado fijo, esto es, son conceptos para los que podemos especificar un conjunto de condiciones necesarias y suficientes. Sin embargo, la mayoría de los conceptos no se comportan de esta forma. Padecen de uno o más de los siguientes problemas:

a) puede ser difícilísimo especificar un núcleo central de significado (un conocimiento de tipo diccionario);

b) puede ser imposible decir dónde finaliza el "significado verdadero" y dónde empieza un significado más global (un conocimiento de tipo enciclopédico);

c) los conceptos pueden tener "bordes difusos" en el sentido de que puede no existir un punto claro en el que el significado de una concepto termina y el de otro empieza;

d) un único concepto puede aplicarse a una "familia" de elementos que se yuxtaponen en el significado pero que no comparten ninguna de esas características comunes.

Todo ello constituye un obstáculo insuperable para la idea del significado fijo. Así, aunque sospechemos que los humanos trabajamos con prototipos al tratar el significado de los conceptos, la especificación exacta de los prototipos que aparentemente existen en la mente de una persona está aún lejos de poder ser alcanzada. La conclusión que podemos sacar es que los conceptos no se encuentran almacenados aisladamente, sino en relación los unos con los otros; y que, para la mayoría de los conceptos, los significados en la mente son difusos, no fijos. Sin embargo, esta difusión no ha de significar dispersión, ya que sino la comunicación sería imposible.

En este sentido, las categorías (los nodos en las redes semánticas) no son células aisladas que están en el cerebro. Sino que parece que las definiciones semánticas se hallan dispersas en la fuerza de las interconexiones (o 'sinapsis') entre las unidades o 'neuronas'. Esto conlleva que al repetirse (establecer conexiones) las propiedades de una categoría y de sus miembros, éstas se refuerzan y afianzan y son más fáciles de recordar y procesar (aquí residiría la idea de 'prototipos' de Rosch). Ocurriendo lo contrario con los miembros menos típicos (por ejemplo, ballena-mamífero tarda más en procesarse que ballena-animal).

Esto se podría explicar en un modelo conexionista (por ejemplo, el PDP), donde un patrón con activación muy alta quedaría en la fuerza de las interconexiones entre las unidades o neuronas, sin tener que entrar en la jerarquía que proponen los modelos estructuralistas.

En el momento actual, ambas teorías, la de redes y la de rasgos, siguen teniendo detractores y defensores, y ambas parecen explicar la mayoría de los datos, hasta el punto de que, como señalan Lachman et al. (1979) no se puede decidir razonablemente entre las dos. Más aún, algunos piensan que la distinción entre una y otra puede ser superflua, puesto que cada una de ellas puede ser reformulada en términos de la otra. Señalemos finalmente que los dos tipos de modelos adolecen de un mismo defecto, a saber, en ambos se considera que las categorías están claramente delimitadas y, no son, como decía Rosch, borrosas. McCloskey y Glucksberg (1978,1979) y del Amo (1982), por el contrario, han demostrado la borrosidad de las categorías no sólo intersubjetivamente sino intrasujetos, por lo que ese dato debe tenerse en consideración. Estos investigadores estarían más a favor de un modelo de rasgos que de redes pero teniendo en cuenta que habría sólo rasgos característicos y no rasgos definitorios, es decir, que no habría condiciones necesarias para la pertenencia categorial. Uno de los formuladores del modelo de rasgos (Smith y Medin, 1981) parece haber aceptado esta propuesta, pero se precisaría una modificación completa del sistema de procesamiento en dos estadios que, hoy por hoy, no se ha realizado todavía. Por consiguiente, el tipo de representación de las categorías naturales no es un problema que esté resuelto por ahora.

3.- El problema de los primitivos semánticos en diferentes modelos

Así mismo, en los modelos de esquemas, los 'esquemas' son estructuras de datos para representar los conceptos genéricos almacenados en la memoria. Los 'esquemas no son atómicos'. Un 'esquema' contiene, como parte de su especificación, la red de interrelaciones que se cree que generalmente existe entre los constituyentes del concepto en cuestión.

Pero, la organización global resultante es jerárquica, no solamente en el sentido de una jerarquía de conceptos relacionados por la inclusión de clases (como en Collins y Quillian, 1969), sino también de modo más general. Esta organización parece llevar a una regresión infinita, en la cual cada esquema está caracterizado en términos de constituyentes de nivel inferior o subesquemas. Probablemente, la dependencia que los esquemas mantienen respecto a los subesquemas de nivel inferior debe al final detenerse, es decir, algunos esquemas deben ser atómicos en el sentido de que no están caracterizados por referencias a cualquier otro esquema constituyente. Estos esquemas atómicos corresponden a lo que Norman, Rumelhart y LNR (1975) denominan 'primitivos'.

Además, como sabemos, en un computador diseñado para el almacenamiento de la información semántica, es más económico almacenar información generalizada en nodos supraordenados que en cada uno de los nodos individuales a los que puede aplicarse tal generalización. Para un almacenamiento de este tipo se precisa un tiempo de procesamiento adicional para recuperar la información.

En este sentido, en las redes semánticas tradicionales que utilizan representaciones locales, la generalización no es una consecuencia directa de la representación. Debe ser invocado un proceso extra para implementar la generalización. Un método frecuentemente utilizado es permitir a la activación extenderse desde una unidad local a otras unidades que representan conceptos similares (Collins & Loftus, 1975; Quillian, 1968). Hay muchas variaciones de esta idea básica (Fahlman, 1979; Levin, 1976; McClelland, 1981).

En los modelos 'spreading activation' (como el modelo ACT de Anderson), cuando un concepto es reconocido, todos los nodos que representan su significado son activados, y estos nodos activan los otros nodos a los que están conectados.

Mientras este esquema encontrará todas las posibles conexiones en la red puede también encontrar intersecciones que no son relevantes para el significado del concepto.

Un modo de limitar la activación a través de la red semántica es utilizar niveles de activación antes que una simple distinción activación - no activación.

De este modo, los enfoques computacionales (como el trabajo de Wilson (1975), las sugerencias de Chomsky, y el modelo ACT* de Anderson (1983)) comparten el supuesto que el objetivo del aprendizaje es formular reglas explícitas (proposiciones, producciones, etc.) que capturan poderosas generalizaciones en un modo sucinto. Justamente, estos poderosos mecanismos, normalmente con considerable conocimiento innato sobre un dominio, y/o algún conjunto inicial de representaciones proposicionales primitivas, formulan reglas generales hipotéticas, por ejemplo, comparando casos particulares y formulando generalizaciones explícitas.

Los modelos conexionistas, como alternativa a las limitaciones de estos modelos, suponen un área atrayente, donde todo el proceso computacional está descrito en términos de las interacciones entre miles de procesadores restringidos.

Ha habido muchas propuestas diferentes sobre cómo la información conceptual puede ser representada en redes neuronales. Estas van desde las teorías localistas, donde cada concepto está representado por una simple unidad neuronal (Barlow, 1972), a las teorías distribuidas,

donde un concepto corresponde a un patrón de actividad hacia una gran parte del córtex. Estos dos extremos son las implementaciones naturales de dos teorías diferentes de memoria semántica.

La primera, el enfoque estructuralista, donde los conceptos están definidos por sus relaciones con otros conceptos más que por alguna esencia interna. La expresión natural de este enfoque en una red neuronal es hacer que cada concepto sea una simple unidad sin estructura interna y utilizar las conexiones entre las unidades para codificar las relaciones entre conceptos.

La segunda, el enfoque componencial, donde cada concepto es simplemente un conjunto de rasgos y, así, una red neuronal puede ser construida para implementar un conjunto de conceptos, asignando una unidad a cada rasgo y ajustando las fuerzas de las conexiones entre las unidades, de tal modo que, cada concepto se corresponde con un patrón estable de actividad distribuido en toda la red (Hopfield 1982; Kohonen 1977; Willshaw, Buneman, and Longuet-Higgins 1969). Así, la red puede realizar la terminación (completion) de un concepto (i.e. recuperar el concepto entero desde un subconjunto suficiente de sus rasgos). El problema con las teorías componenciales es que tienen poco que decir sobre cómo los conceptos son utilizados por el razonamiento estructurado. Principalmente, están interesados con las similitudes entre conceptos o con asociaciones relativas a pares. No proveen un modo obvio de representar estructuras articuladas compuestas de un número de conceptos jugando diferentes roles dentro de la estructura.

Un modo para implementar estructuras articuladas (proposiciones del tipo: agente-relación-paciente) es utilizar unidades específicas de rol, donde una proposición puede entonces ser representada por una combinación estable de rellenadores (*fillers*) del rol. Este es un método de representación fundamentalmente diferente que cualquiera de los dos métodos más obvios descritos antes.

En redes neuronales, es probablemente más importante elegir representaciones que pueden causar directamente los efectos requeridos sin la intervención de un interpretador complejo. Esta es una de las principales diferencias en consideraciones de representación que se sigue desde la diferencia entre la arquitectura von Neumann y una red masivamente paralela.

4.- Modelos conexionistas con representación distribuida

En numerosos campos (sobre todo en el procesamiento del lenguaje y en la percepción) cada vez se ve más la necesidad de desarrollar modelos cognitivos dinámicos, capaces de automodificarse y de modificar los mecanismos más elementales que los posibilitan, computacionalmente y biológicamente plausibles. Y esto comporta, entre otras cosas, no olvidar que nuestra actividad surge como resultado de la activación e inhibición de un gran número de neuronas que operan en paralelo. Lo cual restringe el tipo de algoritmos y heurísticos (y, por tanto, de funciones) que se pueden implementar en un "cerebro", el tiempo de ejecución de estas funciones y número de operaciones empleadas (Rumelhart, Hinton y McClelland, 1986; Feldman, 1985).

En este sentido, se puede apreciar que existen diferencias entre un modelo distribuido y modelos más abstractos (aquellos que postulan la formación de reglas u otras representaciones abstractas). Por ejemplo, en el ACT* de Anderson (1983), son las producciones más que las fuerzas entre las conexiones las que sirven como base para el aprendizaje y la memoria. Esta diferencia nos lleva a otras diferencias: en un modelo distribuido, el aprendizaje es una consecuencia automática del procesamiento basado en información localmente disponible para cada unidad cuyas conexiones están cambiando, mientras que en el ACT*, el aprendizaje ocurre a través de la creación, diferenciación y generalización de producciones (McClelland y Rumelhart, 1985).

Del mismo modo, aunque es difícil hacer una distinción clara, también existen diferencias entre sistemas que utilizan representaciones locales más activación extendida ('spreading activation') y sistemas que utilizan representaciones distribuidas. En ambos casos, el resultado de activar un concepto es que muchas unidades hardware diferentes están activas. La distinción desaparece casi completamente en algunos modelos como el modelo de generalización de McClelland (1981), donde las propiedades de un concepto están representadas por un patrón de activación hacia unidades rasgo, y, donde este patrón de activación está determinado por las interacciones de un gran número de unidades en potencia para instancias del concepto.

En la creación de nuevos conceptos, el sistema de representación local debe hacer una discreta decisión todo-o-nada para crear un nuevo concepto. Los problemas (por ejemplo, el nuevo conocimiento es incorporado cambiando las fuerzas de las conexiones existentes y no creando unas nuevas) de encontrar una unidad que represente un nuevo concepto e instalarlo convenientemente no surge si utilizamos representaciones distribuidas. Todo lo que necesitamos hacer es modificar las interacciones entre las unidades para crear un nuevo patrón estable de actividad. La creación de un nuevo patrón no necesita interrumpir las representaciones existentes. El problema es elegir un patrón apropiado para el nuevo concepto (aquél que requiere la menor modificación de pesos para hacerlo estable).

Naturalmente, no es necesario crear un nuevo patrón estable. Es posible que el patrón emerja como un resultado de modificaciones en muchas ocasiones distintas.

Como vemos, podemos concebir la mente como un caos (por ejemplo, una botella con diferentes líquidos que agitamos y, al final, se consigue un equilibrio) donde un patrón de activación consigue un equilibrio. La cuestión reside en que este equilibrio puede ser un concepto o una frase.

Estos patrones de activación pueden estar representados en un espacio de activaciones. Así, si tenemos el patrón de activación "mesa", se tardaría más tiempo en procesar "bombero" al haber más distancia; no ocurriría lo mismo con "silla". (Este espacio de activaciones tendrá tantos ejes como "planes" o "context" tenga en el input)

La idea de concebir la mente como un caos se explicaría mejor con el paradigma 'priming', en el sentido de que dos patrones de activación similares se solapan para conseguir un nuevo equilibrio o un nuevo concepto (un nuevo patrón de activación estable en las representaciones distribuidas).

Aquí, el paradigma de 'spreading activation' no sería válido ya que los equilibrios no son nodos interconectados. Si sería válido en una representación local pero con la limitación de que a la red hay que decírselo todo (por ejemplo, en Servan-Schreiber, Cleeremans & McClelland (1988) si nos saltamos un arco en la secuencia de la gramática de estados finitos (autómata) la red no lo infiere).

5.- Implementación

Intentaremos simular un red semántica abstracta con tres niveles y cuatro tipos de relación, tres para las propiedades y una para la jerarquía.

En los modelos simbólicos (tipo frame) es fácil construir enlaces "es-un" desde instancias a sus tipos, y desde tipos a supertipos, etc., para formar jerarquías con herencia de propiedades. Así, la información o propiedades puede ser heredada desde los niveles más altos. Los modelos subsimbólicos (inspirados por mecanismos neuronales y basados en procesamiento paralelo de representaciones distribuidas) realizan la herencia sólo en la extensión donde una representación comparte rasgos con otra. Esta representación 'trampa'

automáticamente produce la característica más importante de la jerarquía "es-un", pero esta 'trampa' sólo puede ser utilizada para un tipo de jerarquía. Así mismo, como no hay un lugar donde el conocimiento sobre un tipo 'en general' es almacenado en estos modelos subsimbólicos, no es posible añadir hechos sobre este tipo en general y, automáticamente e inmediatamente, hacer este nuevo conocimiento disponible a todas sus instancias, como es posible en los modelos simbólicos (Dyer, 1988).

En la implementación de nuestra red neuronal, estudiaremos este problema de la herencia o inferencia de propiedades o relaciones, ya que no existirán unidades específicas para cada concepto como en las redes locales (necesitaríamos una gran cantidad de unidades), ni, ningún tipo de primitivos conceptuales o unidades específicas de rol, como en algunos modelos de redes distribuidas [lo cual, en ambos casos, presupondría, en cierto modo, la existencia de "ciertas" representaciones explícitas]. Intuimos que la red puede llegar a necesitar ciertos tipos de patrones-estímulo (como "Una categoría tiene una propiedad de un nodo superior") para que pueda llegar a inferir que la relación "es-un" conlleva la herencia de las propiedades del nodo superior. Así mismo, suponemos que un "método contrario" podría llegar a ser necesario para que una categoría adquiera las propiedades comunes de sus miembros, ya que los patrones-estímulo no reflejarán ninguna "estructura" para que la red pueda llegar a generalizar que ciertas propiedades son un subconjunto de una propiedad en un nivel 'superior'. Esto lo comprobaremos al entrenar la red con diferentes secuencias de patrones-estímulo, por ejemplo, qué tipo y qué cantidad mínima de estímulos del tipo anterior necesita la red para que se dé la herencia de propiedades.

Seguramente, ambos procesos, de arriba-abajo y de abajo-arriba, coexisten en la adquisición de conceptos en el niño según el contexto, motivación, conocimiento previo, etc. O pueden funcionar, también en paralelo, en un único sistema de procesamiento de la información.

Los trabajos realizados hasta el momento en el campo del procesamiento del lenguaje se han limitado a:

1.- Redes no secuenciales, puramente paralelas que asocian un patrón sintáctico con un patrón semántico (roles temáticos) (McClelland y Kawamoto, 1986; McClelland y St. John, 1988).

2.- Redes secuenciales en las cuales sólo existe un patrón de entrada consistente en letras o palabras (autoasociador). En estos sistemas las redes detectan regularidades en la distribución de las letras en las palabras y de las palabras en las frases (Elman, 1988).

Las redes que utilizaremos serán redes secuenciales (Jordan, 1986; Elman, 1988; Sopena, 1988).

Jordan (1986) ha empleado una red, similar a la que utilizaremos, con unidades plan y donde el output era una secuencia de palabras. En otros trabajos estas unidades plan han sido sustituidas por unidades "ojo" (Sopena, 1988).

Los mejores resultados se obtienen utilizando, como parte del input, el item previo de la secuencia output y haciendo feedback solamente con las unidades hidden (Elman, 1988; Servan-Schreiber, Cleeremans, McClelland, 1988). Pero, el efecto de coarticulación obtenido por el sistema de Jordan no es interesante en sintaxis, donde las propiedades seriales son más importantes que las propiedades paralelas.

Siguiendo a Jordan (1986) (que describe una red recurrente pero con conexión entre las unidades output y unas cuantas input (un "Plan")) implementaremos una red con 16 unidades, 8 input, 4 hidden y 4 output. Estas conexiones recurrentes y las unidades "plan" son las que dan memoria asociativa a la red.

La red puede tener la doble tarea de extraer información estructural contenida en la oración y extraer información estructural sobre el medio.

6.- Conclusión

Habría que estudiar los conceptos almacenados en la memoria considerados no aisladamente sino en contextos más amplios. En este sentido, nociones como la de script o esquema parecen lo bastante sugerentes como para abrir nuevas vías de trabajo.

Aunque las redes semánticas han tropezado con problemas como teorías psicológicas de la memoria semántica, en Inteligencia Artificial ha continuado el interés en ellas, y han sido realizados avances importantes en dos áreas. En la primera, en proyectos donde las redes han sido vistas como almacenes de información general más que como depósitos de información sobre el significado de una palabra; y la recuperación de la información desde ellas ha sido realizada de modo más eficiente (e.g., Brachman, 1979; Fahlman, 1979). En la segunda, la adecuación representacional de las redes semánticas ha sido mejorada (e.g., Hendrix, 1979), por ejemplo, para permitirles manejar el significado de cuantificadores. Este segundo avance es más relevante en la utilización de las redes semánticas para representar los significados de oraciones y textos (Garnham, 1985).

La retención de materiales en prosa es importante tanto desde el punto de vista teórico como desde el metodológico. En el primer caso, porque pone de manifiesto cómo está organizado nuestro conocimiento en tanto que requisito previo para la comprensión y retención de un texto. Desde el punto de vista metodológico, obliga a superar el marco del laboratorio al utilizar un material que no se reduce ya a una lista de palabras, la verificación de enunciados o la presentación de figuras geométricas, sino que se asemeja más al utilizado en actividades de la vida cotidiana (como leer un periódico o una novela).

7.-Bibliografía

- Anderson, J.R. (1983), **The Architecture of Cognition**. Harvard University Press.
- Dyer, M.G. (1988) **Symbolic NeuroEngineering for Natural Language Processing: A Multilevel Research Approach**. Technical Report UCLA-AI-88-14.
- Elman, J.L. (1988). **Finding structure in time**. CRL Technical Report 8801. Center of research in Language. University of California, San Diego.
- Garnham, Alan (1985). **Psycholinguistics. Central topics**. University Press, Cambridge.
- Hinton, G.E. (1986). Learning distributed representations of concepts. **Proceedings of the Eighth Annual Conference of the Cognitive Science Society**, Amherst, Massachusetts. Ed. LEA, Hillsdale, New Jersey.
- Jordan, M.L. (1986). **Serial order: A parallel distributed processing approach**. ICS Report 8604.
- McClelland, J.L. & Rumelhart, D.E. (1985). "Distributed Memory and the Representation of General and Specific Information". **Journal of Experimental Psychology: General**, Vol. 114, Nº 2, 159-188.
- Meyer, D.E. y Schaneveldt, R.W. (1976). "Significado, estructura de la memoria y procesos mentales". En: C.N. Cofer (Ed.). **Estructura de la Memoria Humana**. Barcelona: Omega.

Piattelli-Palmarini, Massimo, ed. (1980). **Language and Learning. The Debate between Piaget and Noam Chomsky.** Harvard University Press, Cambridge, MA.

Rumelhart, D.E., McClelland, J.L. & The PDP Research Group (1986). **Parallel Distributed Processing, Explorations in the Microstructure of Cognition. Volume 1: Foundations.** MIT Press.

Schank, R.C. (1972). "Conceptual dependency: A theory of natural language understanding" **Cognitive Psychology**, 3, 552-631.

Schank, R.C. & Abelson, R.P. (1977). **Scripts, Plans, Goals and Understanding.** LEA, Inc., New Jersey.

Sebastián, M. V (1983). **Lecturas de Psicología de la Memoria.** Alianza Editorial. Madrid.

Servan-Schreiber, D., Cleeremans, A. & McClelland, J.L. (1988). **Encoding sequential structure in simple recurrent networks.** Technical Report CMU-CS-88-183. Carnegie Mellon University.

Sopena, J.M. (1988). **Verbal description of visual blocks world using neural networks.** Technical Report UB-DPB-88-10. Universidad de Barcelona.

Winograd, T. (1972). "Understanding natural language". **Cognitive Psychology**, 3, 1-191.