

Capítulo 1

El lenguaje y la representación del conocimiento en el marco de la ciencia cognitiva

FRANCISCO JOSÉ SALGUERO LAMILLAR¹

Los modelos de representación del conocimiento se vienen desarrollando en las últimas décadas desde una perspectiva multidisciplinar que afecta a la teoría de la computación, la psicología, la filosofía, la lógica y la lingüística. Dentro de este campo, podemos centrar nuestra atención en el papel que representa el estudio y análisis del lenguaje natural humano como facultad de la especie, e intentar explicar los diferentes niveles de representación de las lenguas como un sistema de conocimiento propio del hablante. La descripción de los mecanismos de adquisición de este sistema de conocimiento, sus relaciones con otros sistemas cognitivos humanos y su funcionamiento y uso como base de algunas de las capacidades intelectuales del hombre debe ser una parte importante en cualquier modelo de representación del conocimiento.

¹Este trabajo se enmarca en el proyecto de investigación *Lógica y lenguaje: información y representación* (HUM2004-01255/FISO) del Ministerio de Educación y Ciencia.

1.1. Delimitación del campo de la ciencia cognitiva

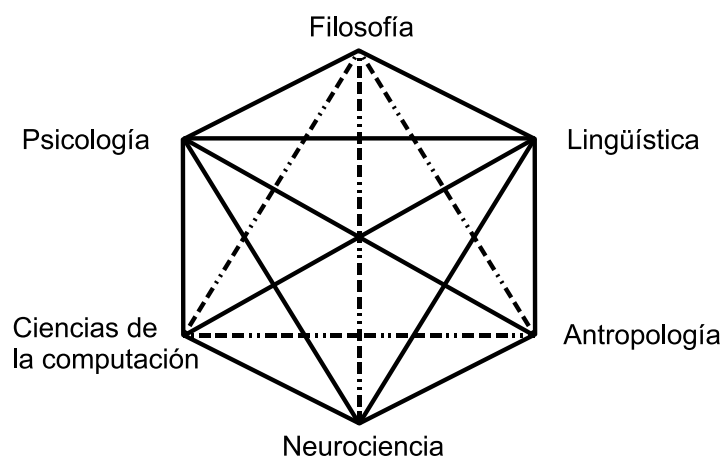
La noción de ciencia cognitiva es relativamente reciente, aunque hunde sus raíces en planteamientos filosóficos y psicológicos bastante antiguos. Sin embargo, no es hasta el último tercio del siglo XX que aparece definida como tal y que comienza a hablarse de ella como campo científico, de la mano del auge adquirido por los modelos lingüísticos, psicológicos y computacionales de la mente y la inteligencia.

Nos encontramos, por tanto, ante un campo muy amplio de la investigación sobre las capacidades cognitivas del ser humano en el que los modelos formales constituyen el núcleo que aglutina a todas las disciplinas que participan en él. Estos modelos provienen de la lógica y la computación, pero también de la lingüística, cuya influencia ha sido muy fuerte, sobre todo desde el ámbito de la gramática generativa y de las *gramáticas formales*. Nos vale en este sentido la definición que Robert Harnish da en el prefacio de su libro sobre los fundamentos históricos de la ciencia cognitiva [Harnish 2002]:

“La ciencia cognitiva es el estudio científico de la cognición, que recoge contribuciones de campos tan diversos como la psicología, la ciencia computacional, la neurociencia, la lingüística y la filosofía. La idea que aglutina la mayor parte de esta investigación es que el cerebro (neurociencia) es un tipo de dispositivo computacional (ciencia de la computación), y que la cognición (psicología) estudia su *software* —los programas que se ejecutan en el cerebro”.

Esta metáfora que compara el cerebro humano con un ordenador se encuentra en el centro de la concepción más restringida de la ciencia cognitiva, como una disciplina interesada fundamentalmente por desarrollar modelos computacionales de la mente humana.

Sin embargo, en un sentido más amplio podríamos considerar que ciencia cognitiva es cualquier estudio científico de la cognición humana, ya provenga de la psicología cognitiva, de la neurociencia cognitiva, de la antropología, la lingüística o las ciencias computacionales. O, incluso, de la filosofía, tradicionalmente la fuente de la mayor parte de los problemas que interesan acerca del conocimiento humano. Las relaciones entre estas disciplinas han dado lugar a nuevas disciplinas emergentes en el campo de la cognición. Es ilustrativo el hexágono propuesto por Pylyshyn en [Pylyshyn 1983]:



Las líneas marcan relaciones entre las disciplinas básicas que aparecen en cada uno de los vértices. Estas relaciones dan lugar a disciplinas propias del campo de la ciencia cognitiva, como la filosofía de la mente, la filosofía del lenguaje, la simulación computacional de procesos cognitivos, la antropología lingüística, la cibernética, el estudio de la evolución del cerebro, la antropología cognitiva, la neuropsicología, la lingüística computacional o la neurolingüística.

En la interfaz filosofía-psicología encontramos las teorías y los problemas propios de la *filosofía de la mente*: el concepto de mente y su relación con el organismo humano, las funciones mentales, la conciencia. Algunos de estos problemas, como la relación mente-cerebro, prodrían incardinarse, incluso, en la relación hipotética entre filosofía y neurociencia —marcada con una línea discontinua en el hexágono de Pylyshyn, al no existir una disciplina reconocida como tal por la comunidad científica.

La *filosofía del lenguaje* es una disciplina con una larga trayectoria en el pensamiento occidental, que adquiere su máxima trascendencia en el siglo XX a través de las teorías del significado, del uso y adquisición del lenguaje natural humano. Los temas específicos de la filosofía del lenguaje como el significado de las expresiones lingüísticas, su relación con los referentes extralingüísticos y su representación mental, la formación de los conceptos, los modelos de interpretación del lenguaje, y la adquisición y uso de las habilidades comunicativas por parte del ser humano, son todos ellos asuntos que conciernen a la ciencia cognitiva en alguna medida.

El uso de ordenadores para obtener modelos del comportamiento cognitivo es un desarrollo actual en psicología cognitiva que ofrece interesantes perspectivas en el estudio del *comportamiento inteligente* o el *comporta-*

4 Capítulo 1. El lenguaje y la representación del...

miento social del ser humano. Esta disciplina se encontraría en la interfaz psicología-computación, siendo un campo asociado a la Inteligencia Artificial en el estudio de los procesos cognitivos.

Otra de las disciplinas asociadas a la Inteligencia Artificial en el campo de la ciencia cognitiva es la *cibernética*, que surge en la interfaz computación-neurociencia. En cibernética, el objetivo fundamental es el desarrollo de modelos de la comunicación y el control en el tiempo del comportamiento de sistemas dinámicos (seres vivos o máquinas). Su concepción por Norbert Wiener [Wiener 1948] tiene que ver con el estudio de lo que él llamó “mecanismos teleológicos”, lo que supone desarrollar modelos de comportamiento en los que el objetivo final influye en los procesos que conducen al mismo. Su aplicación computacional al razonamiento humano y a la resolución de problemas incide directamente en la investigación en ciencia cognitiva.

La *antropología lingüística* surge a principios del siglo XX en el contexto del descriptivismo lingüístico norteamericano. Se encarga de estudiar la variación lingüística en el tiempo (cambio lingüístico) y en el espacio (dialectología, etnolingüística), siempre desde el punto de vista de las relaciones que se establecen entre el lenguaje, los usos sociales, la cultura y el pensamiento. Algunas de sus teorías son de gran importancia para el estudio de la percepción visual y su representación lingüística, por ejemplo, así como para el estudio de la organización social de los grupos humanos y sus relaciones con el entorno en el campo amplio de su propia concepción del mundo (*Weltanschauung*).

La *neuropsicología* investiga cómo se relacionan las estructuras cerebrales y sus funciones con determinados procesos psicológicos. Las relaciones entre el sistema nervioso —en particular, el cerebro— y las funciones cognitivas del ser humano se explican en neuropsicología a partir de modelos procedentes de la filosofía de la mente y la computación, como pueden ser los *modelos de redes neuronales artificiales* usados por las teorías conexionistas sobre el cerebro humano.

La *antropología cognitiva*, que surge en la interfaz entre antropología y psicología, así como las *teorías sobre la evolución del cerebro humano* y el proceso de hominización de nuestra especie, que nace de la relación entre antropología y neurociencia, proporcionan a la ciencia cognitiva teorías acerca del origen de los procesos intelectivos fundamentales que diferencian nuestra especie de otras especies animales, como el origen del lenguaje o del pensamiento simbólico.

Por otra parte, el estudio de las estructuras y los procesos neurológicos involucrados en la adquisición y uso del lenguaje natural conforman el objeto de estudio de la *neurolingüística*, en la interfaz lingüística-neurociencia.

1.2. Modelos del conocimiento humano

5

El origen de la neurolingüística como disciplina científica tiene que ver con las afasias y los trastornos del lenguaje, aunque hoy día se ha extendido el interés hacia la formulación de modelos neurofisiológicos y genéticos relacionados con su origen en la especie y su adquisición y pérdida en el individuo.

Finalmente, en la interfaz lingüística-computación encontramos la *lingüística computacional*, dedicada al procesamiento del lenguaje natural mediante modelos formales y computacionales de la gramática y del habla. El análisis y síntesis de voz o la traducción automática se encuentran en el centro de la lingüística computacional en cuanto que disciplina que pretende implementar en los ordenadores la capacidad de producción y entendimiento del lenguaje natural humano. Sin embargo, desde el punto de vista de la ciencia cognitiva, son mucho más interesantes las gramáticas formales desarrolladas en las últimas décadas con el objetivo de explicar la complejidad estructural de los sistemas lingüísticos, ofreciendo modelos computables de éstos.

En definitiva, la ciencia cognitiva es un campo compuesto por una serie de disciplinas que surgen de la relación entre disciplinas fundamentales del estudio del ser humano y la cognición, siempre con un interés específico en el conocimiento humano y su representación mediante modelos teóricos o computacionales de la mente y su funcionamiento. Es por ello que los modelos computacionales de representación del conocimiento se hallan en el centro de este campo, de una u otra forma.

1.2. Modelos del conocimiento humano

Los problemas del conocimiento son cuestiones abiertas que surcan la historia del pensamiento occidental y que han dado lugar a algunos de los sistemas filosóficos y a algunas de las teorías sobre la mente humana más importantes de la filosofía y la psicología.

Si tuviésemos que simplificarlos en unas pocas cuestiones, estos problemas podrían ser resumidos, fundamentalmente, en tres grandes interrogantes:

- 1º *¿Qué es el conocimiento humano, qué tipos hay y cuál es su naturaleza?*
- 2º *¿Cómo se adquiere el conocimiento por los individuos?*
- 3º *¿Cómo se representa el conocimiento en la mente humana?*

6 Capítulo 1. El lenguaje y la representación del...

Al primero de estos interrogantes han intentado darle respuesta históricamente la metafísica y la epistemología, y sólo en tiempos más recientes la psicología cognitiva y la neurología. El segundo ha sido tratado por todos los grandes sistemas filosóficos como parte de la teoría del conocimiento, si bien hoy día es un tema central en la psicología evolutiva del ser humano. Finalmente, el tercero de los tres interrogantes mencionados tiene mucho que ver con la psicología general y la teoría de la mente, pero también con la lógica. Es por ello que podríamos añadir una cuarta cuestión, que transita por todos los campos anteriormente mencionados:

4º *¿Podemos simular el conocimiento humano, su adquisición y su representación mediante modelos formales, lógicos o computacionales?*

Las tres cuestiones anteriores requieren respuestas complejas que suponen teorías acerca de la mente humana y su funcionamiento. Estas respuestas son cruciales para poder responder afirmativa o negativamente a la cuarta cuestión, por lo que aquellas teorías de la mente que nos permitan decir que sí a ésta última serán, con toda probabilidad, las preferidas en ciencia cognitiva.

En relación con este problema, han surgido en los últimos años teorías y aplicaciones que se proponen representar computacionalmente el conocimiento humano, con el fin de manipular la información en él contenida. La *representación del conocimiento* propone modelos lógicos y computacionales de diferentes aspectos relacionados con los distintos procesos mentales y cognitivos que intervienen en el conocimiento humano, en los que se trata de simplificar su representación con el objeto de hacer más simples los modelos a implementar. Algunos de los procesos abordados de esta manera son el razonamiento argumentativo, la transmisión de información mediante elementos referenciales o denotacionales, la transmisión de la información mediante procesos inferenciales, la representación icónica, referencial o simbólica de la realidad, la clasificación y categorización de los entes, la elaboración de teorías sobre la realidad, la expresión del pensamiento, de los sentimientos o de las sensaciones...

Dichos procesos pueden ser abordados desde perspectivas diversas, que se clasifican, fundamentalmente, en una perspectiva lógica, una perspectiva ontológica, una perspectiva computacional y una perspectiva cognitiva. Todas ellas juntas conforman lo que denominamos *representación del conocimiento* y las cuatro se interrelacionan y se ceden mutuamente sus modelos y herramientas en la tarea de definir, explicar e implementar las diferentes

1.2. Modelos del conocimiento humano

7

actividades cognitivas del ser humano. De este modo, en palabras de John Sowa [Sowa 2000], “la representación del conocimiento es la aplicación de la lógica y la ontología a la tarea de construir modelos computables para algún dominio”.

Así, la lógica ofrece útiles formales para el establecimiento de modelos del razonamiento, la argumentación o la transmisión del conocimiento. En este sentido, podemos decir que la lógica es la herramienta necesaria para el estudio del razonamiento argumentativo, de la transmisión de información y la inferencia. Los procesos inferenciales de enriquecimiento semántico en el discurso ordinario, por ejemplo, forman parte de la teoría lingüística de la argumentación y del discurso, aunque la perspectiva pragmática desde la que se abordan estas cuestiones debe ser completada con el uso de procedimientos lógicos de análisis.

La perspectiva ontológica nos permite definir categorías y dominios con respecto a los objetos a los que se refiere nuestro lenguaje. Desde un punto de vista formal, la ontología de una teoría se reduce al dominio en el que se interpretan las variables sobre las que es posible cuantificar dentro de la teoría. La computación usa estos dominios, previamente estructurados como jerarquías de entidades entre las que se definen ciertas relaciones. Las reglas usadas para definir estas relaciones pueden ser de muy diferentes tipos, aunque todas ellas responden a criterios conceptuales basados en redes semánticas básicas, representadas como grafos compuestos por vértices —que representan conceptos— y líneas —que representan relaciones de sentido entre los conceptos: meronimia, holonimia, hiponimia, hiperonimia, sinonimia, antonimia o causación.

Por su parte, la computación nos ofrece las herramientas para el tratamiento de la información y del conocimiento en el ámbito de la Inteligencia Artificial. Es evidente que la perspectiva computacional es fundamental en la representación del conocimiento, ya que ésta trata, como hemos dicho, con modelos computables de la cognición.

Finalmente, la perspectiva cognitiva plantea modelos del funcionamiento de la mente humana en relación con el resto de las perspectivas anteriores, aportándoles un dominio de aplicación. Es en este punto donde ciencia cognitiva y representación del conocimiento coinciden, pues es deseable que los modelos computacionales de representación del conocimiento se basen en el funcionamiento real de la percepción, la transmisión o la manipulación de la información por la mente. La filosofía de la mente, la psicolingüística o la lingüística antropológica tienen mucho que aportar a los modelos computacionales del conocimiento a través de los modelos de comportamiento cognitivo, la cibernética y la lingüística computacional.

8 Capítulo 1. El lenguaje y la representación del...

Este punto de encuentro entre ciencia cognitiva y representación del conocimiento se halla claramente en los dominios de la *Inteligencia Artificial*. En [Davis et al. 1993], Randall Davis, Howard Schrobe y Peter Szlovits establecieron cinco principios básicos sobre el papel que la representación del conocimiento debe desempeñar en Inteligencia Artificial. Estos principios son los siguientes:

1. La representación del conocimiento es un sustituto, una representación de aquellos objetos, eventos o relaciones que no pueden ser introducidos como tales en un ordenador. Los símbolos usados en representación del conocimiento y las relaciones definidas entre ellos conforman un modelo de un sistema externo, cuyo funcionamiento es simulado por aquél.
2. La representación del conocimiento es un conjunto de restricciones ontológicas. El dominio de las entidades consideradas por una teoría o las categorías aceptadas por ésta determinan la estructura y la funcionalidad de un modelo computacional.
3. La representación del conocimiento es una teoría fragmentaria del razonamiento inteligente que describe el comportamiento y las interacciones de los objetos de un dominio, convirtiéndose en una teoría de éste.
4. La representación del conocimiento es un medio para la computación eficiente. Además de la representación simple del conocimiento, tiene que ofrecer un modo eficiente de implementar dicho conocimiento computacionalmente.
5. La representación del conocimiento es un medio de expresión humana en el que el lenguaje usado debe facilitar la comunicación entre el experto en un dominio determinado (v.gr.: la gramática) y el experto en computación que pretende implementar dicho dominio.

¿Cómo encajan la teoría del lenguaje o la gramática en este entramado?
¿Qué papel juega la lingüística, desde el campo de la cognición, en la representación del conocimiento humano con fines computacionales?

1.3. El papel del lenguaje en la cognición humana y en su representación

La cuestión acerca de la relación entre lenguaje y pensamiento es, quizás, una de las más debatidas en el ámbito de la filosofía del lenguaje, pero también en la psicología moderna, en la antropología y en la neurociencia. El concepto de pensamiento es usado de modo muy ambiguo en la literatura clásica y muchas veces la pregunta por la relación entre lenguaje y pensamiento se encuentra viciada desde el principio al concebirse éste último en términos de la capacidad de verbalización humana. Pero el pensamiento es algo más que la enunciación de ideas. Podemos definirlo como el conjunto de procesos mentales que permiten al individuo interpretar el mundo, sus percepciones, sensaciones o sentimientos. El pensamiento puede ser, por tanto, puramente visual (diagramas, gráficos, razonamiento icónico); pero también puede ser verbal (manipulación de la información mediante símbolos, formación de conceptos, razonamiento argumentativo). Incluso cuando nos encontramos ante pensamiento verbal, tenemos que se puede pensar mediante el uso de símbolos no pertenecientes al lenguaje natural humano (matemáticas, lógica simbólica) o mediante éste último, en cuyo caso estaríamos ante la expresión lingüística del pensamiento.

La expresión lingüística del pensamiento es la manera natural que tenemos los seres humanos de transmitir la información, por lo que se encuentra en la base de la adquisición de datos, de la manipulación de los mismos en estructuras informativas, de la transmisión del conocimiento derivado de estos datos y del uso que pueda hacerse de ellos para obtener más conocimiento. No es de extrañar, por tanto, que los conceptos de información, conocimiento o pensamiento se identifiquen con el lenguaje natural humano, el vehículo natural de su expresión.

Por lo tanto, la cuestión cognitiva central en representación del conocimiento debe ser, no ya cómo se representa el conocimiento, sino más, sino *cómo se representa el conocimiento en la mente del hablante*. A partir de su respuesta, podremos plantearnos una cuestión secundaria, pero crucial desde la perspectiva computacional: *¿cómo se representa esta representación mediante algoritmos implementables en un ordenador?*

Los científicos computacionales suelen pasar por alto la primera pregunta al plantearse la segunda cuestión. Pero, claramente, es primordial establecer las bases cognitivas de las representaciones computacionales del conocimiento antes de abordarlas con seriedad. Pues, si no, se corre el riesgo de trabajar con modelos *ad hoc*, cuyo interés científico es limitado, aunque

posean un interés instrumental. Con esto queremos decir que la pregunta por las representaciones algorítmicas de las representaciones mentales del hablante de una lengua depende de la anterior en la misma medida en que la cuestión cuarta planteada en la sección segunda de este trabajo dependía de las tres cuestiones mencionadas previamente: sólo es posible abordarla si antes hemos desarrollado un modelo cognitivo adecuado de la representación del lenguaje en la mente humana.

Los procesos cognitivos por los que se interesa la representación del conocimiento están relacionados mayoritariamente con el lenguaje natural humano como medio indispensable de comunicación y manipulación de ideas. Si hacemos una revisión de algunos de estos procesos mentales y cognitivos, observaremos que involucran todos ellos al lenguaje natural humano.

Así, el razonamiento argumentativo forma parte del uso cotidiano del lenguaje natural. Sólo mediante los recursos del lenguaje puede entenderse la argumentación, si bien es verdad que podemos crear modelos formales que pongan de manifiesto su estructura. Pero estos modelos no son la argumentación misma, sino su representación lógica o computacional. Esto es así porque en el razonamiento argumentativo intervienen relaciones lingüísticas ajenas a la lógica, como pueden ser las relaciones léxicas entre palabras pertenecientes a un mismo campo semántico, las relaciones funcionales entre elementos anafóricos del discurso, como pueden ser las relaciones de *consecutio temporum*, o relaciones de analogía que no se dan universal ni necesariamente en todas las lenguas y que, por tanto, no pueden ser reducidas a relaciones lógicas.

El tratamiento de la información mediante elementos referenciales o denotacionales es la especialidad de cualquier lengua. Nombrar es tan natural en el ser humano como hablar, hasta el punto que muchas teorías sobre el origen y la naturaleza del lenguaje parten del acto de otorgar nombres a las cosas como acto de habla primordial. Es lo primero que hizo Adán cuando fue dotado de razón por su creador y es lo primero que hacemos todos cuando aprendemos a hablar nuestra lengua o, posteriormente, una lengua extranjera: ¿cómo se dice...?

La transmisión de información mediante procesos inferenciales es otro de los puntos fuertes del lenguaje natural humano frente a los lenguajes formales o visuales. Los procesos inferenciales de enriquecimiento semántico del discurso mediante relaciones anafóricas o presuposiciones son constantes en la comunicación humana. Nuevamente, la lógica puede proveer de modelos que, de un modo u otro, den cuenta de estos procesos, pero siempre desde una perspectiva parcial. Si no, piénsese en cómo ofrecer modelos de

1.3. El papel del lenguaje en la cognición humana...

11

interpretación de ciertos actos de habla como, por ejemplo, los chistes o los juegos de palabras.

Cuando tratamos con procesos de representación icónica, referencial o simbólica de la realidad, estamos ante la esencia misma del lenguaje natural humano. Es una de sus características principales —el simbolismo— y, sin duda, forma parte de nuestro intelecto desde los orígenes de la especie. La capacidad cognitiva del ser humano para usar símbolos y comprender la realidad a través de ellos es tal que no somos capaces de imaginar a la especie sin este atributo. Todos los animales son capaces de comunicarse icónica, referencial o simbólicamente, pero ninguno con la versatilidad, la creatividad ni la productividad con que lo hace el hombre.

Otro de los procesos mentales mencionados antes es la clasificación y categorización de los entes, crucial para cualquier modelo de representación del conocimiento. Su relación con la formación de conceptos abstractos es enorme, pues estos conceptos surgen siempre a partir de una ontología previamente desarrollada que, en representación del conocimiento, se representa mediante redes semánticas. Pero los criterios de construcción de las redes semánticas son fundamentalmente psicolingüísticos y semánticos, siendo interesantes, incluso, ciertos planteamientos de la antropología lingüística y de la etnolingüística para su aplicación al procesamiento del lenguaje natural.

Nos encontramos, por tanto, con que la representación del conocimiento pivota sobre modelos cognitivos del lenguaje, básicos para comprender los procesos mentales involucrados en la adquisición, manipulación y transmisión del conocimiento humano. La lingüística debe aportar en este campo las teorías fundamentales para el desarrollo de estos modelos de representación.

La *teoría de la adquisición del lenguaje*, por ejemplo, nos permite establecer vínculos entre la psicología y las teorías del conocimiento. Si, además, nos planteamos en términos evolutivos la facultad humana de adquirir una lengua durante un periodo concreto de la vida de un individuo, nos veremos abocados a contrastar datos de la paleoantropología, la antropología social, la genética y la neurología, por lo que estaremos ante una disciplina central en el campo de la ciencia cognitiva.

Por otro lado, la *teoría del lenguaje* propone modelos de los sistemas lingüísticos como sistemas de comunicación, relacionándose con diversas disciplinas como la etología animal —en la comparación de los lenguajes animales y el lenguaje natural humano—, la semiótica, la teoría de sistemas, la filosofía del lenguaje o la lógica.

Finalmente, la *teoría de la gramática* ofrece modelos del funcionamiento de los sistemas lingüísticos como sistemas de comunicación. Estos modelos se basan en los niveles anteriores de estudio y análisis del lenguaje, dando lugar

12 **Capítulo 1. El lenguaje y la representación del...**

a gramáticas formales que han de recoger los planteamientos expuestos por las teorías de la adquisición y del lenguaje. Estas gramáticas constituyen una base perfecta para el desarrollo de la lingüística computacional, la semántica o la teoría del discurso.

Bibliografía

- [Davis et al. 1993] Davis, R., Schrobe, H. & Szolovits, P. (1993): “What is a Knowledge Representation”. *AI Magazine*, 14:1, 17-33.
- [Deacon 1997] Deacon, T. (1997): *The Symbolic Species: The Coevolution of Language and the Brain*. Nueva York: W. W. Norton & Company.
- [Fodor 1975] Fodor, J. A. (1975): *The Language of Thought*. Cambridge (Mass.): Harvard University Press.
- [Harnish 2002] Harnish, R. M. (2002): *Minds, Brains, Computers. An Historical Introduction to the Foundations of Cognitive Science*. Oxford: Blackwell.
- [Johnson-Laird 1983] Johnson-Laird, P. N. (1983): *Mental Models: Towards a Cognitive Science of Language, Inference and Consciousness*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [Pylyshyn 1983] Pylyshyn, Z. (1983): “Information science: its roots and relations as viewed from the perspective of cognitive science”. En Machlup, F. y Mansfield, U. (eds.) (1983): *The Study of Information: Interdisciplinary Messages*. Nueva York: Wiley.
- [Sowa 2000] Sowa, J. F. (2000): *Knowledge Representation. Logical, Philosophical and Computational Foundations*. Pacific Grove: Brooks/Cole.
- [Wiener 1948] Wiener, N. (1948): *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*. París: Hermann.