

NOTAS Y COMENTARIOS

¿QUE ES LA CIENCIA COGNITIVA?

Amador Antón
Universidad de Valencia

Daniel G. Bobrow, investigador del Laboratorio de Ciencias de la Computación de Xerox Palo Alto en California, y Allan Collins, de la Bolt, Beranek and Newman, anuncian oficialmente en el título y prefacio de su libro *Representación y entendimiento*¹ una nueva ciencia que denominan *ciencia cognitiva*. Según ellos, ciencia cognitiva es “una integración de elementos de psicología, ciencias de la computación, lingüística, filosofía y educación”. Pero esto debe entenderse no sólo como mera intersección o solapamiento de dichas disciplinas sino como una integración de partes de ellas, de tal manera que dicha integración origina un nuevo conjunto de instrumentos para tratar de un amplio campo de cuestiones o problemas que no pueden solucionarse desde una sola de estas disciplinas.

Haciendo una breve historia de la ciencia cognitiva, podemos considerar como iniciadores o pioneros de esta ciencia a Allen Newell y H.A. Simon, quienes en 1961 elaboraron conjuntamente una variante del programa GPS (General Problem Solver) para simular el comportamiento humano en un trabajo titulado “GPS, a program that simulates human thought”. En este trabajo muestran que las técnicas desarrolladas para construir sofisticados programas que solucionan problemas, proporcionan también instrumentos válidos para construir teorías sobre el comportamiento

¹ Daniel G. Bobrow y Allans Collins (Eds.) *Representation and Understanding: Studies in cognitive Science*, New York: Academic Press, 1975, pp. XII - 427.

humano. Ello les permite unir el rigor y la objetividad del Behaviorismo con la riqueza de datos y el comportamiento complejo de la Gestalt. Pero la característica fundamental de esta variante del GPS no radica en presentar un marco general para comprender el comportamiento que soluciona problemas, aunque también haga esto, sino en revelar claramente que el comportamiento de los humanos se puede entender como el producto de un conjunto complejo, pero finito y determinado, de leyes. Desde entonces han ido en aumento progresivo las investigaciones dentro del campo de la ciencia cognitiva, bien mediante conferencias y coloquios interdisciplinarios, o bien mediante la publicación de artículos y libros en colaboración. Entre los artículos cabe destacar "Human acquisition of concepts for sequential patterns" (1963) de H.A. Simon y K. Kotovsky, "Retrieval time from semantic memory" (1969) de A.M. Collins y M.R. Quillian, "A process model for long-term memory" (1972) de D.E. Rumelhart, P.H. Lindsay y D.D. Norman, "The lunar sciences natural language information system" (1972) de W.A. Woods, R.M. Kaplan y B. Nash-Webber, "How can MERLIN understand?" (1973) de J. Moore y A. Newell, "A framework for representing Knowledge" (1975) de M. Minsky. Y entre los libros merecen citarse como aportaciones más significativas al campo de la ciencia cognitiva *Computers and Thought* (1963) de E.A. Feigenbaum y J. Feldman (Eds.), *Organization of memory* (1972) de E. Tulving y W. Donaldson (Eds.), *Understanding natural language* (1972) de T. Winograd, *Computer Models of Thought and Language* (1973) de R. Schank y K.M. Colby (Eds.) y *Explorations in cognition* (1975) de D.A. Norman, D.E. Rumelhart y LNR Research Group.

Pasamos ahora al análisis de la obra. El libro consta de cuatro secciones. La primera lleva por título "Teoría de la representación" y está dedicada a la construcción de representaciones del conocimiento. Abre esta sección Daniel G. Bobrow proponiendo un sistema en el que las representaciones se consideran como resultado de un mapa selectivo de aspectos del mundo. Y, llamando estado-1 del mundo al estado particular del mundo en un instante cualquiera del tiempo, obtiene, mediante dicho mapa,

una representación denominada estado-1 del conocimiento que corresponde al estado-1 del mundo. Esta correspondencia la entiende en el sentido de que un entendedor, bien sea humano o computador, tenga la alternativa de responder a cuestiones sobre el estado-1 del mundo observando directamente el estado del mundo o haciendo preguntas sobre el correspondiente estado del conocimiento. Pero, sucede que el mundo en un instante particular es estático y, en consecuencia, todos los hechos del mundo reflejan un estado consistente único. Si ahora ampliamos esta consideración del mundo en un instante determinado permitiendo acciones que produzcan cambios en algunas de las propiedades del mundo, entonces se obtiene un modelo de operaciones que produce cambios correspondientes en el estado del conocimiento. Y para que el modelo sea consistente es preciso que el actual estado-2 del mundo guarde correspondencia con el actual estado-2 del conocimiento. Dentro de este sencillo esquema es donde Bobrow compara las diferentes representaciones del conocimiento y examina las distintas soluciones que pueden aparecer.

William A. Woods estudia los problemas que surgen al representar los enunciados del lenguaje natural en redes semánticas y muestra que, aunque la semántica de las notaciones resulte clara, sin embargo muchas de las técnicas usadas en las redes semánticas existentes son inadecuadas para representar el conocimiento en general. Argumenta, mediante ejemplos, que si las redes semánticas se van a emplear como una representación para registrar el conocimiento verbal humano, entonces tienen que incluir ciertos mecanismos para representar las proposiciones sin necesidad de aseverar su verdad o creencia, y deben también disponer de capacidad para representar diversos tipos de objetos intensionales sin comprometerse con su existencia en el mundo exterior, ni con su distinción o con su completud externas. Muestra también la insuficiencia de varias técnicas utilizadas habitualmente para manejar la información cuantificacional en redes semánticas. Pero Woods no pretende formular una especificación completa de una notación de red semántica adecuada, sino dar una orientación de los requisitos necesarios para lograr una notación suficiente y adecuada.

Joseph D. Becker investiga el origen y las interconexiones de los conceptos más usados comunmente para describir el comportamiento de los animales y de las máquinas, tales como organización jerárquica de los procesos, puntos de bifurcación, información, zonas de influencia, metas, conflictos, organización temporal, toma de decisiones e información estadística. E interpreta estos conceptos en el sentido de artificios descriptivos más bien que como mecanismos causantes del comportamiento, excepto, por supuesto, cuando el mismo comportamiento es artificial, como es el caso de los programas de computación, donde tales conceptos se utilizan intencionalmente en términos de mecanismos. Becker llega incluso a examinar la posibilidad de desarrollar dichos conceptos dentro de una matemática de los sistemas del comportamiento en el sentido en que la matemática tradicional proporciona conceptos para la descripción de los sistemas físicos. Pero concluye que eso es imposible porque el concepto de comportamiento no es una cosa bien definida como lo sería una cantidad numérica, y ello lleva consigo la carencia de criterios generales aplicables para delimitar lo que es el comportamiento.

Robert J. Bobrow y John Seely Brown diseñan un modelo de Inteligencia Artificial que permite describir la estructura de programas que comprenden el mundo en el sentido de que pueden aceptar un conjunto de datos para describir una situación y, luego, responder a cuestiones pertenecientes a dicha situación. Sin embargo, como son programas diseñados para tratar con un tipo limitado de situaciones, sólo pueden responder, por tanto, a cuestiones dentro de un dominio limitado de especialización. El modelo confeccionado por J. Bobrow y Seely Brown proporciona también un marco para estudiar diferentes sistemas de computación tales como los sistemas de comprensión perceptual, los que aceptan datos en lenguaje natural y los sistemas de contestación de preguntas.

La sección segunda, titulada "Nuevos modelos de memoria", está dedicada a discutir las implicaciones que lleva consigo el suponer que la información de entrada sea interpretada siempre en términos de grandes unidades estructurales derivadas de la ex-

perencia. Inician esta sección Daniel G. Bobrow y Donald A. Norman proponiendo que las estructuras de la memoria constan de un conjunto de esquemas activos capaz cada uno de evaluar la información que pasa por él y de enviar y pedir información a otros esquemas. Sugieren que un esquema de memoria hace referencia a otros por medio de una descripción que sea lo suficientemente precisa para evitar la ambigüedad de la referencia dentro del contexto en el que ocurre la situación original. Y esta descripción, que ellos llaman "descripción dependiente de un contexto", proporciona un proceso automático para crear referencias generales mnemónicas a partir de acontecimientos específicos, permitiendo la generación automática de comparaciones analógicas o metafóricas de memoria.

Benjamín J. Kuipers describe el concepto de entramado (*frame*) como una unidad de organización estructural de los elementos de información y señala unas cuantas características deseables para una representación del conocimiento. Un entramado es una estructura especializada que representa al conocimiento de un dominio muy pequeño y produce una descripción del objeto o acción en cuestión empezando por una estructura común invariable y añadiendo ciertas características según las observaciones particulares. Además, el entramado de un objeto puede llevar asociados con él los entramados de aquellas acciones que afectan normalmente a ese objeto, de tal manera que se pueden realizar predicciones acerca de las modificaciones exigidas en la descripción.

Terry Winograd examina la controversia existente en Inteligencia Artificial acerca de la representación del conocimiento entre los que mantienen la forma declarativa (como McCarthy y Hayes) y los defensores de la forma de procedimiento (como Minsky, Papert, Hewitt y el mismo Winograd) señalando las ventajas e inconvenientes de ambas posturas. Y pasa después a ofrecer un sistema que representa el conocimiento en la notación de entramado de tal manera que permite eliminar muchas de las diferencias habidas en las discusiones sobre la representación del conocimiento y, en consecuencia, lograr una síntesis de las teorías declarativistas y procedimental.

La tercera sección, denominada "Estructuras de nivel superior", se refiere a la representación de planes, episodios, historias o narraciones en la memoria. Abre la sección David E. Rumelhart presentando una teoría de las historias o narraciones en donde sugiere que éstas, al igual que las oraciones, poseen una estructura profunda, de modo que resulte tan razonable aplicar la noción de "bien formadas" a las historias o narraciones como a las oraciones. Pero la estructura de las narraciones no se reduce a la mera relación entre oraciones sino que en ellas las cadenas de oraciones se combinan entre sí formando totalidades psicológicas. Para explicar la naturaleza de esas totalidades desarrolla Rumelhart una gramática que consta de un conjunto de reglas sintácticas que generan la estructura constituyente de las narraciones o historias y de un conjunto correspondiente de reglas de interpretación semánticas que determinan la representación semántica de la narración.

Roger E. Schank establece que en la comprensión de los párrafos del discurso, el lector completa las conexiones causales entre las oraciones y que dichas conexiones son la base de la organización de la memoria humana. Para explicarlo elabora una teoría sobre la dependencia conceptual según la cual el proceso de comprensión viene a ser en gran parte la asignación de nuevas conceptualizaciones a las secuencias causales y la inferencia de las conceptualizaciones recordadas que dan cuenta de las cadenas causales completas. Y por tanto, la comprensión humana de los párrafos del discurso consiste en un proceso mediante el cual la información nueva es tratada en términos de la vieja información presente ya en la memoria.

Robert P. Abelson analiza el plan o proyecto a través de los efectos deseados puesto que, según él, todo efecto puede considerarse como un estado de hechos que no es alcanzado hasta el momento de la operación en cuestión. Y entonces, todo paso dentro de un plan corresponde a un cambio de estado deseado. Por plan entiende Abelson la selección de una o más operaciones que producen cambios de estados, denominados por él "actos delta", de tal manera que es posible realizar siempre nuevos "actos delta" sucesivamente hasta llegar al estado de la meta final. Y, aunque en

el presente trabajo Abelson se limita a dar una explicación verbal de los conceptos de plan y de los "actos delta", sin embargo promete que en su próxima investigación ofrecerá un programa en la notación formal de LISP aplicando estas ideas para generar un plan o proyecto.

La cuarta sección, con el título de "Conocimiento semántico en los sistemas que comprenden", describe la forma en que se ha utilizado el conocimiento en diversos sistemas de computación. John Seely Brown y Richard R. Burton exponen un sistema, llamado SOPHIE, que usa representaciones múltiples (tales como modelos de simulación, procedimientos con habilidades lógicas y estrategias heurísticas, y redes semánticas) para enseñar a un estudiante la depuración de circuitos eléctricos. A diferencia de otros sistemas de Inteligencia Artificial que intentan imitar los papeles del enseñante humano, SOPHIE intenta crear un ambiente "reactivo" en el que el estudiante aprende ensayando sus propias ideas más bien que por medio de la instrucción. Para ello, SOPHIE lleva incorporado un amplio modelo de su dominio de conocimientos junto con numerosas estrategias heurísticas para poder responder a las preguntas del estudiante, criticar sus posibles soluciones y aportar teorías alternativas a su hipótesis. Es decir, SOPHIE permite al estudiante mantener una relación biunívoca con un experto que le ayuda a crear, experimentar y depurar sus propias ideas.

Bonnie Nash-Weber describe el papel que juega la semántica en la comprensión automática del habla dentro de un dominio limitado del discurso. Su trabajo se sitúa en la línea de sistemas automáticos de comprensión del habla tales como VDMS, HEARSAY I, WASSAL, SRI y SPEECHLIS. Y después realiza un análisis detallado del sistema SPEECHLIS, confeccionado dos años antes por él mismo en colaboración con Rovner y Woods, señalando las distintas formas en que se puede aplicar el conocimiento semántico como ayuda provechosa a la tarea de la comprensión del habla en el ámbito de los computadores y, al mismo tiempo, intentando desvelar en el campo de la psicolingüística los mecanismos que hacen posible la comprensión del lenguaje por parte del hombre.

Cerrando la sección cuarta y, al mismo tiempo poniendo fin al libro, Allan Collins, Eleanor H. Warnock, Nelleke Aiello y Mark L. Miller presentan en colaboración una continuación del sistema SCHOLAR que Jaime Carbonell inició, pero dejó inacabado al morir en 1973. SCHOLAR es un programa de computador cuyo conocimiento sobre el mundo está almacenado en una red semántica estructurada al modo de la memoria humana. El objetivo principal del programa consiste en enseñar a un estudiante respecto a una materia cualquiera mediante un diálogo tutorial mantenido con él en lenguaje natural de tal manera que unas veces sea el estudiante quien lleva la iniciativa y otras veces sea el programa quien lo haga, pero siempre generando SCHOLAR en el curso del diálogo los enunciados y las respuestas en forma natural a partir de su conocimiento general. Es decir, se trata de que SCHOLAR ocupe el papel de Sócrates en la utilización del método socrático.

En general, el contenido de los trabajos de este libro está claramente orientado a los modelos computacionales, pero la mayoría de sus ideas fundamentales son independientes del instrumento material del computador. Y los autores que colaboran parten de dos suposiciones básicas. La primera es que el lenguaje y los formalismos del proceso de información de la ciencia de computadores son instrumentos válidos y útiles para construir teorías cognitivas tanto para el hombre como para el computador; y la segunda es que el próximo y decisivo paso que hay que dar en el avance de la teoría cognitiva será el de realizar investigaciones y programas para solucionar los problemas de semántica y del conocimiento del mundo.

Para los estudiosos de las ciencias de la computación, la psicología y la lingüística *Representation and Understanding* es un libro de gran interés, por cuanto recoge las ideas y controversias más importantes y recientes de la teoría cognitiva.