

Sistemas basados en conocimiento

LUIS ALBERTO CASILLAS SANTILLÁN*

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS COMPUTACIONALES,
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS EXACTAS E INGENIERÍAS,
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA.

Introducción

Este trabajo es parte de un esfuerzo de la comunidad científica de la División de Electrónica y Computación del Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías de la Universidad de Guadalajara, en un intento por rescatar la evolución del conocimiento en diferentes vertientes de las modernas tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC). Concretamente, el presente documento intenta recolectar los eventos cruciales en torno a los sistemas basados en conocimiento (SBC).

Suele pensarse que los SBC corresponden al periodo clásico de la inteligencia artificial, de 1956 a 1986, en el cual predominaban representaciones de conocimiento simbólicas que eran tratadas por medio de mecanismos propios de las lógicas proposicional, de primer orden o temporal. El advenimiento de la inteligencia artificial de enfoque moderno, de 1986 a la fecha, con sus representaciones subsimbólicas (números reales) y tratamiento basado en el cálculo, ha permitido la aplicación de estrategias propias de

la inteligencia artificial en entornos que sólo la ciencia ficción había presentado durante los años cincuenta y sesenta. De este modo, toda clase de artefactos de las TIC con capacidades “inteligentes” son comercializados y en general están disponibles para la mayoría de habitantes, principalmente, de ciudades, por todo el planeta. Estas capacidades operan normalmente de forma transparente para los usuarios, sin que éstos se percaten de la operación inteligente de los dispositivos. Sin embargo, la manifestación tácita de los comportamientos inteligentes en estos artefactos, implica: simplicidad de operación, robustez, adaptabilidad, tratamiento seguro de los datos (incluyendo la protección de los mismos), respuesta activa en escenarios inesperados, etcétera.

De este modo, productos de la inteligencia artificial de enfoque moderno se encuentran en nuestra cotidianidad, provistos de modelos que permiten el aprendizaje para el manejo de máquinas, la gestión de incertidumbre y hasta la capacidad de evolucionar a lo largo del tiempo. Las redes neuronales artificiales, sistemas difusos y algoritmos genéticos en las entrañas de estos aparatos, son la base del comportamiento inteligente de la mayoría de productos inteligentes que se presentan comercialmente en los mercados tecnológicos. De este modo, las preguntas que surgen son: ¿dónde están actualmente los SBC?, ¿son realmente un modelo extinto?

El presente esfuerzo está orientado a responder estas preguntas, al tratar los últimos veinte años de esta tecnología; que lejos de estar extinta, se encuentra en un periodo de robusta consolidación en el contexto de la actual economía global que finalmente está dando al conocimiento el correcto valor.

El problema radica en la representación

Desde la consolidación del paradigma de cómputo reconocido como “modelo de von Neumann”, presentado originalmente en [1] y en el contexto del desarrollo de la máquina EDVAC entre 1945 y 1947, las computadoras se han apegado a un esquema de operación que por un lado las provee de certeza operativa, pero por otro lado las torna rígidas e inflexibles en el tratamiento de problemas de naturaleza emergente y no-lineal. Tal como se muestra en la figura 1, este modelo cuenta con un sistema de representación interna

que supone una codificación muy específica para garantizar la operación; restringiendo el uso de las computadoras en una diversidad de escenarios y situaciones que en principio tienen una manifestación inherente que difiere de la codificación máquina esencial. Este esquema de operación computación gesta una categoría de máquinas denominadas *vonneumannianas*.

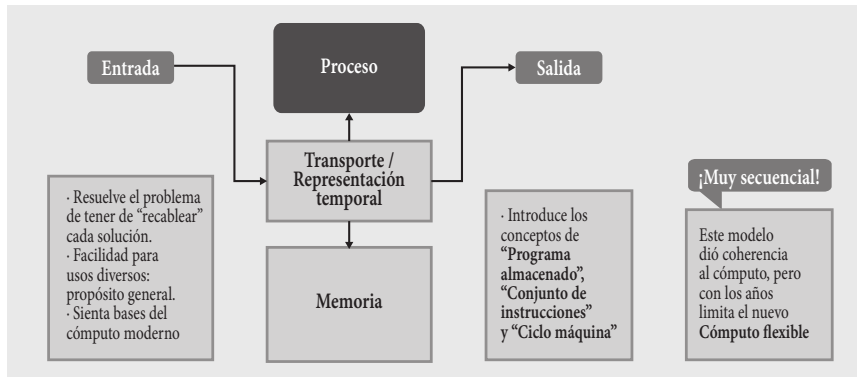


Figura 1. Esquema de operación de las máquinas vonneumannianas, desde 1947.

Es preciso entender, en el contexto del paradigma vonneumanniano de cómputo, que toda representación computacional tiene una parte pasiva (datos, informaciones, etc.) y una parte activa (operadores, instrucciones, métodos, rutinas, etc.).

La parte activa de las máquinas no ha mostrado grandes cambios en su esencia operativa. A pesar de los impresionantes avances tecnológicos que han ido poblando con elevadas escalas de integración a las unidades de procesamiento, con una miríada de ALU⁷ agrupadas en núcleos (*kernels*), y del mismo modo se han logrado reunir con innovadores protocolos de comunicación cantidades impresionantes de equipos formando racimos (clústeres) y estos racimos en agrupaciones que gradualmente conforman *la nube*; en el fondo cada ALU activa es irremediablemente vonneumanniana en el instante de operar. Este aspecto esencial es la causa de la complejidad que define los límites de lo computable.

Las problemáticas que guardan en su esencia una complejidad tal que supone para las máquinas desafíos en cuanto a consistencia, completitud y

⁷ ALU: *arithmetic logic unit* (unidad aritmética lógica).

decibilidad en su tratamiento, deben ser abordadas con una estrategia diferente. Es preciso un esfuerzo específico de representación del conocimiento que describe a dichas problemáticas. En el entendido que el conocimiento, *per se*, incluye aspectos pasivos y activos.

De este modo, todos los avances en inteligencia artificial giran en torno a nuevas capacidades de representación, la parte *pasiva* es modelada creativamente con estructuras de datos no-lineales y la parte *activa* consiste en gestionar adecuadamente los operadores estándares que describen el comportamiento vonneumanniano: en la medida que necesitamos representar configuraciones innovadoras para datos, informaciones e incluso conocimiento, es preciso construir paralelamente operadores congruentes: que usan creativamente las funcionalidades vonneumannianas disponibles.

Así, siempre es una cuestión de representación y ésta incluye normalmente ambos aspectos: pasivos y activos (desde *Data Driven*⁸ a la fecha). Incluyendo, además, todos los periodos identificados para la práctica de la inteligencia artificial.

Por tanto es válido entender que un sistema de información propio de la gestión tradicional, como un control de inventarios o un sistema de nómina automatizado, son representaciones del conocimiento que en la práctica personas tienen que aplicar empíricamente –y en ocasiones, incluso, manualmente– en el desarrollo de las mismas tareas. También es válido admitir que cualquier sistema de orden “inteligente” de cualquier periodo de la inteligencia artificial es una representación de conocimiento. La diferencia radica en la clase de conocimiento que se desea representar sintéticamente dentro de la máquina y la cuota de complejidad que este conocimiento contiene en su esencia. Algunas clases de conocimiento son más computables que otras, reduciendo cualquier problema que debe ser tratado por una máquina, a un problema de representación de conocimiento. Siempre es una cuestión de representación. Incluso, una concepción extrema de este pensamiento consiste en admitir que toda herramienta (incluyendo martillos, pinzas, arados, timo-

⁸ Data Driven: modelo de desarrollo de software dirigido por los datos y promovido desde mediados de los años setenta. Este modelo fue la base de todo el movimiento promotor de las buenas prácticas en el desarrollo de software y ahora es denominado “ingeniería de software”.

nes de barco, etcétera) es una representación sintética de un conocimiento que orgánicamente está presente (de forma innata o empírica) en algún ser vivo.

Gestionar las representaciones de conocimiento

Una vez admitido que todo tratamiento sintético de una problemática consiste en encontrar una representación, surgen las preguntas: ¿qué representar?, ¿cómo representarlo? y ¿cómo gestionar las representaciones?

En la Edad Media, Ramón Llull [2] promovía que cada cuerpo de conocimiento fuera entendido como un árbol y los cuerpos de conocimiento formaban así bosques del saber. Había, incluso, un árbol para el cielo y otro para el infierno. La figura 2 muestra un ejemplo de esta noción de Llull. Tal aproximación jerárquica, como un árbol con sus ramas, sigue utilizándose para organizar los libros en bibliotecas y los conocimientos en instituciones educativas.⁹

No obstante la robustez del entendimiento jerárquico del conocimiento, este modelo es sumamente rígido y restringe la dinámica del conocimiento en su sentido más orientado a la aplicación y el aprovechamiento.

Actualmente el conocimiento es entendido como un recurso que puede vincularse a valores de orden económico. Luego de la contundente argumentación que han venido planteando especialistas en describir las emergentes sociedades del conocimiento, de los que destacan algunos trabajos [3, 4].

De este modo, cualquier organización tiene en su inventario de riquezas aquellas que normalmente pueden ser aceptadas como y tales por su naturaleza material; pero también la organización tiene un cúmulo de conocimiento que ha amasado en un periodo de tiempo y está constituido por elementos empíricos en las mentes de sus miembros: la posesión de datos o informaciones críticos, dominio de técnicas o estrategias e incluso los valores de la organización. Una organización como Google ejemplifica muy bien este valor agregado, pero intangible, de la organización, que termina influyendo en el valor económico total de la

⁹ Aunque en las instituciones educativas gradualmente se están liberando de esta aproximación jerárquica y moviéndose hacia un modelo más parecido a una red.

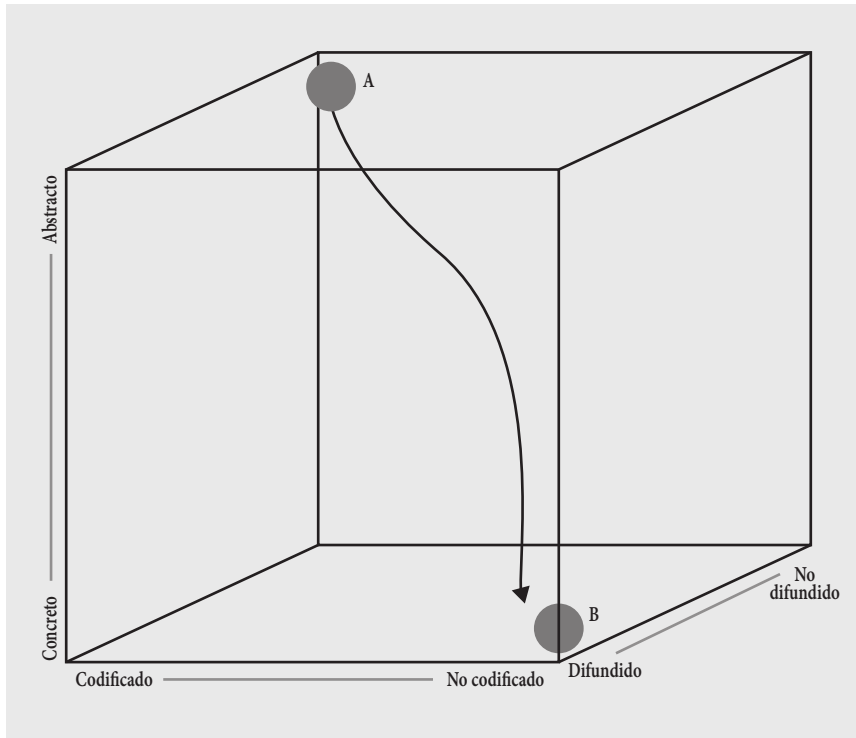


Figura 3. Ejemplo de mapeo en i-Space [5]. En este caso, un concepto está en la posición A y luego viaja a la posición B; en la medida de que dicho concepto se vuelve más concreto, menos codificado y mayormente difundido, se mueve gradualmente.

Tal como se modela en la figura 3, los conceptos se vuelven más accesibles en la medida que son conectados a la experiencia del observador (se concretizan), son presentados con elementos que el observador tiene en su mente (se descodifican) y se difunden sin restricción (son difundidos). Un ejemplo podría ser el conocimiento para sacar una fotografía, en un principio sólo unos pocos conocían los secretos detrás de las películas sensibles a la luz, la operación de los lentes y el revelado; mientras que ahora cualquier persona puede hacer una toma profesional e imprimir en casa sus fotografías. El conocimiento fue del punto A al punto B. Cuando el conocimiento que viaja es relativo a aspectos tecnológicos, a esta transición se le conoce como *ciclo social de tecnificación* [5]. Una extensión de este modelo fue presentada por [6], incluyendo una cuarta dimensión que modela la noción de la utilidad en el 4D i-Space.

En la medida que los ciclos sociales de tecnificación llevan a las TIC a manos de la gente común, en esa misma medida necesidades comunes de la gente buscan ser satisfechas por medio de las TIC. Aunque dicha satisfacción sea el comportamiento menos común en el contexto de las TIC.

Conocimiento: representación y gestión, los últimos 20 años

Con base en los acontecimientos observados en el periodo referido, desde 1994 se ha consolidado la “Era de la Información” debido a:

- La “mayoría” de la información de la humanidad ha sido digitalizada de algún modo.
- Nuevos paradigmas de programación de alta semántica (POO,¹⁰ 4GL,¹¹ CASE,¹² BD Inteligentes, etc.).
- Madurez en las comunicaciones entre máquinas. Se consolidan los modelos de trabajo basados en red (LAN, MAN, WAN, etc.), dejando a la zaga a los enfoques centralizados.
- Formalización de los almacenes de datos (DWH: *data ware housing*) y las técnicas de minería.
- Es distinguible un repunte en el uso de tecnologías propias de la inteligencia artificial subsimbólica con potencial comercial: control difuso en enseres domésticos, optimización evolutiva en la industria y aprendizaje máquina base en modelos neuronales.

A partir de 1995 inicia la “Era del Conocimiento”, con el reconocimiento del valor que tiene el conocimiento, y considerando: posesión, gestión, explotación, descubrimiento, filtrado, tratamiento, etc. Las organizaciones conscientes del valor del conocimiento han mostrado un diferencial competitivo respecto de sus similares que no lo han hecho.

Este periodo se distingue por los cruces posibles entre datos, soportados por los modelos *big-data* disponibles, que no sólo producen información

¹⁰ POO: Programación orientada a objetos.

¹¹ 4GL: Lenguaje de cuarta generación para procesar y gestionar bases de datos.

¹² CASE: Ingeniería de software asistida por computadora.

útil. El cruce de informaciones útiles genera conceptos: nociones de semántica elevada, por ejemplo:

- La conducta de un tarjetahabiente en cada época del año, en cada clase de establecimiento, en cada monto pagado o adeudado, etc.
- La tendencia de los habitantes de una zona de la ciudad a pagar el impuesto predial en cada época del año.

El acceso a las TIC se consolida en los países industrializados, aunque entre 1995 y 2000 en México sólo hay 66 sitios *web* por cada 1000 habitantes, mientras que llegan a 85 en Alemania.¹³ En el mismo periodo, en los países desarrollados dos tercios de las familias tienen acceso a internet, mientras que en México sólo se llega a 10%. A partir del 2000, en México el acceso a las TIC ha incrementado. Actualmente ronda 30%, lo cual es importante, pero insuficiente.

Se reconoce que el acceso a las TIC debe ser entendido como un derecho humano. Lo que abre las puertas a nuevas manifestaciones de nociones tradicionales de las manifestaciones humanas: comercio electrónico (eCommerce), eGobierno, eLearning, etcétera.

En el contexto del fenómeno económico denominado *globalización*, los artefactos propios de la Era del Conocimiento se convierten en el vehículo sobre el cual se montan las modernas nociones de la economía de mercado. Lamentablemente las economías en vías de desarrollo tienen, como siempre, un desafío mayor para integrarse competitivamente al contexto global de la economía. Las limitaciones tecnológicas, producto de diversos fenómenos combinados,¹⁴ suponen un retraso inherente. Esta circunstancia genera un efecto adverso que se repite en las economías emergentes: la disposición de productos comerciales propios de la modernidad, a la par de la indisposición en el soporte tecnológico para comprender a profundidad la operación de estos dispositivos y eventualmente reproducirlos o mejorarlos. El dilema

¹³ Datos disponibles en la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).

¹⁴ Vinculables principalmente a limitaciones en los procesos educativos, con efectos complejos. Esto implica preocupantes desproporciones entre estudiantes de ingenierías versus estudiantes de ciencias sociales, económicas y administrativas. Lo que deja a un país sin el soporte tecnológico necesario.

es modernidad *versus* soporte tecnológico. La figura 4 ejemplifica esta circunstancia adversa.

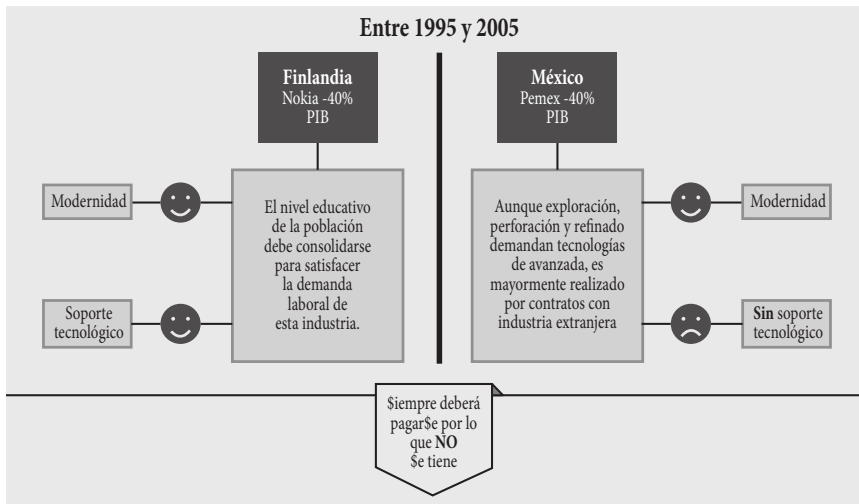


Figura 3. La estrategia global para economías emergentes es llevar la modernidad a las manos de las personas pero sin soporte tecnológico. Lo mismo sucede con la comercialización de modernos *gadgets* en países que no cuentan con el soporte tecnológico para producir dispositivos similares que puedan competir con aquellos que se compran en el extranjero.

Así, se comercializan globalmente toda clase de dispositivos sofisticados que representan a la modernidad. Aunado a interfaces intuitivas e impresionantes capacidades de representación, que simplifican los ciclos de tecnificación -lo cual es admirable-. Esto último implica un acceso a las TIC que seguirá gradualmente incrementando. No obstante esto, el soporte tecnológico demanda más tiempo. Requiere un profundo cambio en la esencia de los modelos educativos, que sabemos no sucederá por decreto.

Por ello los esfuerzos que se desarrollen en el terreno de la ingeniería del conocimiento (IC) permitirán a los equipos de cómputo un mejor proceso de la realidad, más fiel y amable con la manifestación natural de la misma.

La IC consiste en encontrar las estructuras complejas de datos que mejor modelan la realidad, así como los operadores específicos para gestionar dicho modelo. Desde la perspectiva de la inteligencia artificial clásica, el cálculo de predicados de primer orden modela y gestiona efectivamente el

nivel simbólico. Para la inteligencia artificial de enfoque moderno, el cálculo permite tratar el nivel subsimbólico.

Durante los años sesenta y setenta el modelado fue principalmente simbólico, siendo los sistemas expertos (SE) el principal representante de esta aproximación. La aproximación clásica de los SE permitió que éstos fueran el primer producto comercializable de la inteligencia artificial. Hasta la fecha, los SE siguen siendo utilizados, aunque las facetas de interacción con el entorno de los mismos han cambiado. Ahora hay SE controlando procesos productivos y la seguridad de portales web, evaluando riesgos en asegurados, haciendo diagnósticos médicos, asistiendo en procesos de decisión basados en minería de datos y más, pero sin interactuar directamente con los usuarios, como solían hacerlo. Ahora los SE son alimentados con información de sensores, grandes bancos de datos, comunicaciones remotas, etc., y cuando un SE reacciona, su respuesta es llevada adelante con efectores automáticos de diversa índole.

Durante los años ochenta y noventa hay un repunte en técnicas subsimbólicas, siendo las redes neuronales artificiales (RNA) los sistemas de lógica difusa y los algoritmos genéticos los principales responsables de llevar adelante este movimiento. Estas tecnologías fueron creadas en décadas previas, pero es hasta este periodo cuando alcanzan una realidad pragmática gracias a los esfuerzos en la dimensión de la ingeniería por introducirlos en dispositivos de uso más cotidiano.

Desde el inicio de este siglo, la tendencia es claramente a la hibridación de técnicas. Este movimiento propicia el cómputo flexible, llevando a los sistemas de gestión tradicional al siguiente nivel en cuanto a flexibilidad, respuesta activa y robustez. Esta clase de sistemas suelen utilizar aproximaciones complejas para representar internamente el conocimiento. Estructuras que buscan modelar con fidelidad los fenómenos del entorno, con una aproximación equiparable al proceso que un cerebro natural sigue. Un modelo innovador denominado Análisis de Redes Complejas, permite tratar una diversidad de problemáticas de naturalezas diversas, usando una algoritmia común. El trabajo [7] es fundamental en esta nueva aproximación de la ciencia computacional, que propiamente es un movimiento conocido como “la nueva ciencia de las redes complejas”. Se invita al lector a conocer más al respecto de esta y otras aproximaciones de representación y gestión del conocimiento.

Referencias

- [1] J. V. Neumann, “First draft of a report on the EDVAC”, contract between the United States Army Ordinance Department and the University of Pennsylvania Moore School of Electrical Engineering University of Pennsylvania. Contract No. W-670-ORD-4926, June 30, 1945.
- [2] R. Llull, “Arbre de ciència”, Barcelona: Pere Posa, 20, August, 1505, in SC.L9695.482ab, Houghton Library, Harvard University, April 2014. [Online.] Available: <http://ids.lib.harvard.edu/ids/view/28468922?buttons=y>.
- [3] A. Hargreaves, *Enseñar en la sociedad del conocimiento. La educación en la era de la inventiva*. Barcelona: Octaedro, 2003.
- [4] M. Castells, *The Rise of the Network Society: The Information Age: Economy, Society, and Culture*, Vol. I. Wiley-Blackwell, 2nd. Ed., August 2009.
- [5] M. H. Boisot, *Knowledge Assets: Securing Competitive Advantage in the Information Economy*. Oxford University Press, 1999.
- [6] L. A. Casillas, “A multidimensional model to map knowledge,” *Journal of Knowledge Management Practice*, vol. 6, 2005. [Online.] Available: <http://www.tlainc.com/articl93.htm>.
- [7] A. L. Barabasi. *Linked. How Everything is Connected to Everything Else and What it Means for Bussiness, Science and Everyday Life*. Penguin, May 2003.