

Inteligencia artificial: reflexiones acerca de la representación del conocimiento humano

Fernando Sancén Contreras*

"Es el espectador, y no la vida, lo que en realidad refleja el arte" Oscar Wilde

Introducción

Los esfuerzos más recientes de la información automatizada han estado orientados hacia la generalización del uso de los ordenadores electrónicos, pero el lenguaje que utilizan éstos ha sido un obstáculo para ello; sin embargo, casi a diario se incorporan al mercado numerosos paquetes que facilitan cada vez más el uso de las computadoras y su aplicación en prácticamente todos los terrenos donde se realizan actividades humanas. Con todo, se busca la construcción de nuevos ordenadores que faciliten su uso generalizado utilizando el mismo lenguaje con que nos comunicamos, y que sean sensibles a los conceptos envueltos en emoción acerca de hechos que no son fácilmente cuantificables.

En otras palabras, la cibernética actual está abocada a la elaboración de "máquinas inteligentes" capaces de interactuar con los usuarios y de reproducir los procesos mentales del

* Profesor-investigador, Departamento de Política y Cultura, UAM X.

hombre. El solo hecho de plantear estas ideas suscita problemas que se sitúan más allá del ámbito de la construcción y operación física de un artefacto capaz de emular la inteligencia humana. La presencia de "sistemas inteligentes" que apoyan las tareas del hombre moderno exigen ubicar la naturaleza de esos sistemas frente a la inteligencia humana.

La explicación del conocimiento humano y de su representación, su validez, los criterios para establecerla, la posibilidad de proyectar inteligencia hacia una máquina, el procesamiento de información conforme a criterios lógicos, la presentación de sus resultados y su aplicación para apoyar la acción del hombre son problemas que evocan las más fundamentales cuestiones de la filosofía.

A lo largo del presente ensayo pretendemos señalar algunos de los problemas que plantea el desarrollo de la inteligencia artificial (IA), presentar algunas reflexiones en la discusión que existe al respecto y avanzar hipótesis para orientar y fundamentar el desarrollo de la IA. Señalamos también el paralelismo entre el conocimiento humano y la IA como procesadores que ambos son de símbolos referidos a la realidad. De esa manera aportaremos algunos elementos tanto para la explicación del conocimiento como para las bases que puedan sostener teóricamente la creación de sistemas "inteligentes".

1. La inteligencia artificial

1. 1. Breve historia

Quando alguien habla de "inteligencia" comúnmente se refiere a la acción propia del hombre mediante la cual cada individuo entra en relación con la realidad que lo circunda. Dicha relación se establece a partir de los conceptos que se generan en el conocimiento de la realidad.

El término "inteligencia artificial" sugiere que una computadora con los programas adecuados ejecuta procesos semejantes a los que realiza la inteligencia humana. Pretende ser un modelo o paradigma cognitivo con vistas a su utilización en aplicaciones prácticas. Su vinculación al reciente desarrollo de las computadoras digitales ha impulsado, paradójicamente, la más precisa comprensión de lo que es la actividad mental de los hombres.

Aunque el concepto de "inteligencia artificial" data de 1950 fue hasta 1979 cuando inicia su desarrollo más notable, debido sobre todo a Alan Mathison Turing (matemático), Herbert Alexander Simon y Marvin Lee Minsky, psicólogos y científicos de la computación.

La IA se ha desarrollado durante estos años en tres grandes campos: uno aplicativo, que da como resultado productos comerciales para el tratamiento y solución de problemas concretos; otro que se refiere a las ciencias cognitivas, que investiga la naturaleza de la inteligencia; y un

tercero que consiste en la búsqueda de técnicas de cómputo para simular la operación de la inteligencia.¹

El objetivo de la IA ha consistido en reproducir en una computadora digital el proceso mental que se realiza en el pensamiento y el lenguaje humanos.² Uno de los logros que ha obtenido la investigación en IA consiste en la construcción de modelos teóricos para comprender mejor cómo opera la inteligencia y la forma en que es posible procesar un conjunto de datos utilizando las reglas de la lógica inferencial, sobre todo en lo que respecta a la toma de decisiones.

Dicha investigación se aboca, por una parte, a la representación del conocimiento de carácter directo (imágenes) e indirecto (grafos, redes semánticas, reglas) y, por la otra, a la estrategia para la solución de problemas. La lingüística, la lógica, los procesos biológicos neuronales son algunas de las ramas del conocimiento que se conjugan en las investigaciones de la IA.

Las características más sobresalientes de la IA se dan en la representación del conocimiento en una computadora. La IA se orienta principalmente a la inferencia de conocimientos; éstos se enriquecen en la medida que los sistemas inteligentes (IA) tienen la capacidad de cambiar su base de datos y sus reglas basados en la experiencia que va obteniendo a través de los usuarios. Es ésta una forma de aprendizaje.³ Con ello, a través de la IA se busca obtener computadoras más aptas para comunicarse con nosotros, anticiparse a nuestros requerimientos y ayudarnos a solucionar nuestros problemas.

1. 2. Los sistemas expertos

En el campo de la IA resaltan, por su aplicación a la solución de problemas, los llamados "sistemas expertos" (SE), que constituyen un conjunto dinámico de ideas e interacciones entre seres humanos y sistemas de cómputo con el objetivo de apoyar tareas específicas que requieren de un alto grado de integración de variables y de un procesamiento rápido de información acerca de un problema concreto.

Los SE requieren para su construcción de modelos de representación, y actúan de acuerdo con ellos. Contienen información y reglas de inferencia lógica que provienen de especialistas en alguna rama del conocimiento; almacenan también volúmenes importantes de información que procesan conforme a los modelos ya mencionados. Se dice que:

¹ Bob Ryan. "AI's Identity Crisis", *BYTE*, pp. 239-246.

² Terry Winograd. "Máquinas pensantes: ¿son posibles?, ¿lo somos?", *Revista de Occidente*, p. 113 y ss.

³ Ryan, *op. cit.*

" Los sistemas expertos son una clase de programas de cómputo que pueden informar, analizar, ordenar, comunicar, consultar, proyectar, diagnosticar, explicar, examinar, pronosticar, formar conceptos, identificar, interpretar, justificar, aprender, manipular, regular, planear, presentar, encontrar, programar, probar y enseñar. Están orientados hacia problemas que para su solución requieren la intervención de especialistas".⁴

Como puede observarse, la IA y particularmente los SE dirigen su interés a lo pragmático del conocimiento. Por ello se ha creado el término "ingeniería del conocimiento". Además de los SE, la IA se ha desarrollado en aplicaciones a la robótica, los procesos industriales y extractivos, la introducción de sistemas de lenguaje natural y de visión, reconocimiento de lenguaje oral y de manuscritos y en redes neuronales, entre otros.⁵

1. 3. La inteligencia artificial ¿es realmente inteligente?

La sola mención de *inteligencia artificial* sugiere el procesamiento de pensamientos. Éstos constituyen una característica propia del hombre; sin embargo, se atribuye a la máquina dicho procesamiento, por ello se lo llama "inteligencia artificial".

Voces exaltadas se han elevado para demostrar que una computadora es incapaz de pensar. Otros científicos continúan tratando de comprobar con hechos que una máquina es capaz de procesar símbolos de la misma manera como lo hace la mente, y por ello sostienen que existe un pensamiento artificial realizado por las máquinas computadoras, por lo que las califican de "inteligentes".

Detrás de esta discusión subyace el problema que ha inquietado al hombre por milenios: *qué significa conocer*, del que nos ocuparemos más adelante. Por ahora exponemos un punto de vista sobre la discusión acerca del posible conocimiento de las máquinas cuando se habla de *inteligencia artificial*.⁶

Para demostrar que las computadoras digitales son incapaces de pensar, John R. Searle, entre otros pensadores, aducen que esos artefactos "*solamente manipulan símbolos formales*

⁴ Cf. R. H. Michaelsen, D. Michie y A. Boulanger. "The Technology of Expert Systems", citado por M. SW. Firebaugh, *Artificial Intelligence. A Knowledge Based Approach*, p. 307.

⁵ Daniel W. Rasmus. "Putting the Experts to Work", *BYTE*, p. 281 y ss.

⁶ Ver "Artificial Intelligence: a Debate", *Scientific American*, pp. 19-31. Contiene el artículo de John R. Searle. "Is the Brain's Mind a Computer Program?" y el de Paul M. Churchland y Patricia Smith Churchland. "Could a Machine Think?" a los cuales nos referiremos con frecuencia en esta sección.

conforme a las reglas de un programa",⁷ lo que no significa que por ese hecho se dé el conocimiento, la percepción, la comprensión o el pensamiento.

En efecto, sostiene, los símbolos son nociones abstractas que no cuentan con características físicas, por lo cual no pueden tener propiedades causales y consecuentemente no son capaces de generar pensamientos.

Por otra parte, se dice que la manipulación de símbolos que realiza la computadora no se hace con referencia al significado. En otras palabras, un programa de *inteligencia artificial* al aplicar las reglas de un programa tendría sintaxis pero no semántica; esto es, carecería de contenidos mentales⁸ porque la máquina desconoce el contenido (significado) de los signos que procesa.

Searle, además de su argumento en contra, propone las características que a su juicio debiera tener cualquier aparato que pueda producir fenómenos mentales:

- *"Cualquier sistema capaz de generar pensamientos debería poder tener poderes causales ('causal powers') equivalentes a los que tiene el cerebro. Cualquier artefacto que produzca fenómenos mentales, cualquier cerebro artificial, debería ser capaz de duplicar los poderes causales específicos de los cerebros, y no podría hacerlo sólo por el hecho de correr un programa. La forma en que el cerebro humano produce actualmente fenómenos mentales no puede ser solamente porque se corre un programa de cómputo".*⁹

De hecho, Searle se dirige contra quienes sostienen que el pensamiento humano trabaja como una computadora. De acuerdo con esta posición, la mente del hombre procesaría la información que le transmiten los sentidos conforme a un programa preestablecido, igual como lo hace una computadora. Sin embargo, dado que la mente imprime un significado a la abstracción hecha de las sensaciones, el hecho de trabajar con conceptos cargados de significado, a juicio de Searle, constituye la diferencia respecto a la computadora; la inteligencia humana se movería en un ámbito de significados o semántica, mientras que la computadora actuaría en la sintaxis, donde lo que importa es la aplicación de reglas sin tomar en cuenta el significado de los símbolos que manipula.

Es cierto que tanto la mente humana como la computadora procesan símbolos, pero el significado de éstos está dado, en la mente, por la referencia tanto a la cosa que representan

⁷ Searle, *op. cit.*, p. 20.

⁸ *Loc. cit.*

⁹ *Ibid.*, p. 23.

como al sistema al que pertenecen. En la computadora, la referencia está dada por el banco de datos con que se la alimenta. Por ello es posible sostener que tanto la computadora como la mente humana son capaces de ubicarse en un contexto y proyectar desde ahí un significado en función de las referencias ya señaladas. Por otra parte, las emociones que no están al alcance de la computadora no son, en estricto sentido, elementos constituyentes del conocimiento, especialmente en el ámbito científico, aunque en ocasiones explican el porqué de tal o cual conocimiento acerca de las cosas.

Esta limitante que señala Searle, puede verse, a nuestro juicio, como una ventaja en el manejo de información porque los símbolos que procesa están libres de cualquier manipulación ajena al marco de las reglas según las cuales se lleva a cabo el procesamiento de los datos. Con esto queremos sostener que la computadora en general, y la *inteligencia artificial* en particular, constituye un instrumento útil y eficaz para potenciar en tiempo y alcance el procesamiento de símbolos que realiza la mente humana.

La máquina realiza dicho procesamiento conforme a las leyes de la lógica y de acuerdo con reglas establecidas de antemano por el mismo usuario, o el programador en su caso. La capacidad de aprender con que cuentan los programas de *inteligencia artificial* añade una nota de mayor aprovechamiento para los usuarios y lo acerca al concepto que tenemos de "inteligente".

Tomando en cuenta lo anterior, la IA no puede dar una explicación causal en el sentido aristotélico del término, como lo exige Searle; sin embargo, sí es capaz de ofrecer descripciones acerca de la causación lógica; es decir, puede expresar por qué llegó a una conclusión y señalar los datos e inferencias lógicas que utilizó para obtenerla. Esto constituye también una valiosa herramienta para el usuario, sobre todo en las actividades científicas y la aplicación de los conocimientos.

En respuesta al artículo de Searle, los señores Churchland sostienen¹⁰ que las máquinas computadoras, al manipular símbolos, se asemejan al pensamiento humano. Sin embargo, ante el criticismo de Searle aceptan que los programas de IA están lejos de constituir una solución al problema de la inteligencia produciendo "máquinas que piensan".¹¹

"Creemos que las perspectivas [en tal sentido] son pobres, pero por razones diferentes a las de Searle. Nuestras razones se desprenden de los fracasos específicos en la ejecución de los programas clásicos de investigación en IA, y de la variedad de lecciones obtenidas del cerebro y de los nuevos modelos

¹⁰ Churchland y Smith Churchland, *op. cit.*, pp. 26-31.

¹¹ *Ibid.*, p. 29.

computacionales inspirados en tal estructura. Hemos indicado algunas de las fallas de la IA clásica en lo que respecta a tareas que el cerebro realiza rápida y eficazmente.

El consenso que de estos fracasos emerge es que la arquitectura en que se basa el funcionamiento de las máquinas procesadoras de símbolos es simplemente una arquitectura equivocada para lo que realmente exigen los trabajos".¹²

Proponen los señores Churchland modelos de redes inspirados en los de las neuronas del cerebro, donde los símbolos se procesan simultáneamente por conductos diversos: "*El modelo de redes altamente simplificadas han sido útiles para sugerir cómo pueden trabajar en la realidad las redes neuronales y para revelar las propiedades computacionales de arquitecturas paralelas*".¹³

Después de señalar las características del procesamiento de información en las neuronas del cerebro humano y de postular su aplicación en las computadoras que trabajan con símbolos dejan abierta la posibilidad para construir máquinas que trabajen en paralelo tal como lo hace el sistema nervioso.

De la discusión anterior podemos rescatar el hecho de que la IA puede tener amplias perspectivas en el desarrollo de procesamiento paralelo de la información, tal como lo hace el cerebro humano. Por otra parte, el procesamiento de símbolos que realiza la computadora, y también la mente humana, nos lleva a una de las características propias de la IA, que consiste en la representación del conocimiento humano, la cual constituye la base para la construcción y operación de los programas de IA. Nuestra reflexión nos llevará a encontrar puntos de comparación entre la forma como se realiza el conocimiento humano y el funcionamiento de los programas de IA.

1. 4. Representación del conocimiento para la IA

La representación del conocimiento es tan antigua como el hombre mismo. Representamos el mundo que nos circunda, formamos conceptos acerca de él y por ese hecho lo representamos para comunicarnos. Más aún, hacemos representaciones de nuestras representaciones mismas.

Se trata, sin embargo, de la representación de la información que obtenemos de la realidad y no de nuestra facultad cognitiva; en otras palabras, al hablar de "representación" del conocimiento nos referimos al producto de él, y no a la facultad mediante la que conocemos. Representamos los objetos que conocemos y cómo los conocemos, no el conocimiento mismo.

¹² *Loc. cit.*

¹³ *Loc. cit.*

De hecho, los números, las palabras y aun las relaciones valorativas, como las de Boole, representan solamente datos, mientras que:

“ La investigación en IA ha señalado la necesidad de contar con información de mayor complejidad, como los procesos, procedimientos, acciones, causalidad, tiempo, motivaciones, propósitos y razonamientos de sentido común. Para describir este amplio espectro de información el término conocimiento ha sido completamente aceptado.

*Los sistemas de representación del conocimiento combinan dos elementos: las estructuras de datos y los procedimientos de interpretación para utilizar el conocimiento incorporado en las estructuras de datos”.*¹⁴

Se trata, por tanto, de representar la forma como la mente humana maneja la información para la acción, incluyendo los procesos de aproximación y retroalimentación a partir de la práctica misma. El atributo “inteligente” se refiere al manejo de datos, aun en forma inferencial, y no a su comprensión. La IA ofrece un valioso instrumento para procesar información conforme a las inferencias propias de la lógica, de manera idéntica a como lo hace la mente humana. Los sistemas inteligentes manejan relaciones, precisan inferencias; las amplían incluso a través de mecanismos de aprendizaje, pero son incapaces de entender lo que procesan. Esto es precisamente, a nuestro juicio, lo que los hace un instrumento valioso en la solución de problemas.

Desde este punto avanzamos algunas consideraciones que esbozan una explicación del conocimiento humano a partir de las cuestiones que plantea la IA. Sostenemos que éste no es un fenómeno centrado en sí mismo, sino al contrario, es sinónimo de relación con la totalidad de lo que existe, aunque se hace concreto en las relaciones inmediatas de quien conoce. El concepto de “relación” en el conocimiento humano es análogo en las máquinas computadoras que procesan símbolos. La totalidad que sugiere el concepto de relación en el conocimiento ha sido estudiada y estructurada en la *teoría general de sistemas*, lo que permite tratar al conocimiento humano como un sistema. Para sustentar esto nos proponemos antes avanzar una explicación acerca del conocimiento.

2. El conocimiento humano

2. 1. Conocimiento es relación

La explicación del conocimiento humano es una tarea que se emprendió por primera vez de manera documentada hace más de dos milenios. Sin embargo, está lejos de ser terminada y

¹⁴ Firebaugh, *op. cit.*, pp. 136-137.

menos aún de lograr un consenso. No obstante lo anterior, como ya lo señalamos, la discusión acerca de la "inteligencia" de las máquinas procesadoras de información ha hecho del conocimiento humano un tema de actualidad.

En efecto, la introducción primero, y la proliferación y perfeccionamiento después, de las máquinas computadoras han dado la ocasión para volver a plantear el problema del conocimiento. El constante perfeccionamiento de las máquinas procesadoras ha llevado a considerar que las computadoras pueden pensar. Con el propósito de facilitar la actividad pensante del hombre son desarrollados y perfeccionados los sistemas que procesan la información, a tal grado que son llamados "inteligentes". Este esfuerzo se origina en el estudio del conocimiento humano para crear máquinas que repitan los mismos procesos que se dan en el conocimiento.

Nos proponemos abundar sobre este problema que comúnmente se ubica en las disciplinas filosóficas. Aquí hacemos un llamado a la experiencia que cada uno de nosotros tiene sobre este fenómeno, del que todos podemos decir algo ya que lo conocemos directamente por nuestra reflexión y lo experimentamos permanentemente.

Sostenemos que a través del conocimiento nos relacionamos conscientemente con las cosas que consideramos distintas a nosotros mismos. Por lo tanto, hablamos del conocimiento como algo diferente del fenómeno físico o fisiológico que se da en el contacto entre dos seres. Cuando nos referimos al conocimiento entendemos que interviene la conciencia que, a diferencia de los animales irracionales, es característica propia del individuo humano. Aunque el conocimiento procesa información afirmamos que no se limita a ello, sino que la trasciende al elaborar síntesis y crear nuevos entes producto de la misma relación.

Cuando conocemos, por ese mismo hecho creamos un universo en el que cobran existencia el yo y lo otro: el yo que conoce y "lo otro", que es lo que conocemos. Esta actividad, que en ocasiones pretendemos hacer entender como original o primera, la realizamos permanentemente porque siempre estamos en relación con el mundo que nos rodea.

A través de los sentidos de nuestro cuerpo percibimos sensaciones o estímulos procedentes de las demás cosas que son distintas de nosotros mismos. Nuestra mente les da sentido y las ordena en la conciencia que nos formamos de nosotros mismos y de nosotros en relación con las cosas con las que interactuamos.

A esta actividad, propia del hombre, llamamos conocimiento. El hecho de hablar acerca de él nos refiere de inmediato, como ya dijimos, a dos realidades distintas dentro de una totalidad: por una parte, a algo que decimos conocer, u "objeto de conocimiento" que forma parte de la realidad, y por la otra, nos remite necesariamente a quien conoce, o "sujeto".

La percepción del objeto está mediatizada por sus atributos; es decir, percibimos el color, el movimiento, el olor, etc., de la cosa a través de nuestros sentidos. Es nuestro pensamiento el que realiza una síntesis de las percepciones que tenemos acerca de las cosas. Pero también recibe una proyección del individuo que conoce, la cual concuerda con sus valores presentes, sus experiencias y percepciones pasadas.

El conocimiento que tenemos acerca del mundo no es directo, sino que lo conseguimos en forma inferencial a través de procedimientos lógicos que se originan en conocimientos ya obtenidos previamente. El resultado de ese conocimiento forma la base de la acción que el individuo realiza en forma de sentido común, y desde ese punto establece su relación con el mundo. El conjunto de conocimientos acerca de éste, que ordenamos e incorporamos para la transformación y utilización del mismo, constituye lo que conocemos como ciencia.

La ciencia versa sobre los pensamientos acerca del mundo y genera otros nuevos sobre sus pensamientos, y busca armonizar los pensamientos reflexivos con los primeros derivados de la percepción inmediata de nuestros sentidos. También produce nuevos pensamientos que se derivan unos de otros sirviéndose de procesos mentales que pueden ser situados y ubicados en la lógica y que se originan en el sentido común.

En definitiva, la ciencia moderna constituye un grupo de conceptos que el sentido común considera útiles para ordenar las sensaciones que experimentamos acerca del mundo,¹⁵ y para ordenar la acción transformadora del hombre sobre el mismo.

2. 2. El conocimiento humano como un sistema

Durante el siglo XX, a pesar de que la comunidad científica ha dirigido su atención hacia los conocimientos altamente especializados sobre aspectos precisos de la realidad, ha sido recurrente la inclinación de numerosos pensadores para integrar en un todo el conocimiento acerca del mundo. Se ha pretendido con frecuencia construir una sola ciencia para superar el aislamiento de entidades aparentemente independientes y autosuficientes. De la misma manera se han intentado esquemas educativos basados en la confluencia de diversas especialidades, para formar a los estudiantes en la investigación y aplicación de las ciencias y disciplinas de manera integrada en la solución de los problemas que percibimos en nuestro mundo.

Se ha enfatizado en la interrelación, en la interdependencia de entidades aparentemente aisladas para comprender de manera más profunda las razones de su existencia y la forma como

¹⁵ Ver A. N. Whitehead. *Los fines de la educación*, p. 176 y ss.

se lleva a cabo su interacción. La comprensión del todo y de la forma como se ubican y actúan en él las partes que lo integran ha cobrado una importancia cada vez mayor.

Es notable que la ciencia contemporánea abandone progresivamente la noción de ciencia aislada como partículas inconexas y completas en sí mismas y, por ende, autosuficientes. La ciencia tiende ahora a estudiar la realidad como algo integrado que se une jerárquicamente en un todo.

Un ejemplo de esta tendencia es el surgimiento y desarrollo de la *teoría general de sistemas*. Por sistema se entiende una totalidad estructurada donde interactúan entre sí las partes que la componen; esa interacción le da su razón de ser en la medida que cada parte, y el todo, cobran sentido en las partes: "*Teoría general de sistemas [...] es la búsqueda del 'todo' o de la 'totalidad' que hasta no hace mucho eran consideradas como nociones metafísicas que trascendían los límites de la ciencia*".¹⁶ El todo al que se hace referencia es un conjunto integrado jerárquicamente a partir de relaciones entre las partes que lo componen.

Tenemos que la idea central en la teoría de sistemas, y de un sistema en particular, es la noción de *relación*. La relación implica la existencia de un vínculo entre dos o más entidades, el orden que existe entre ellas y también la causalidad que se da entre las entidades. Sin la idea de relación es imposible imaginar siquiera otra realidad. A través del concepto de relación, y sólo a partir de él, podemos hablar de una totalidad y una estructura. En estos términos es posible entender la realidad como un todo cuya existencia misma depende de sus partes y donde cada parte es tal gracias a las demás que integran la totalidad. Esto significa cambiar el sistema de entidades autosuficientes y separadas de las demás para pasar a una visión acerca de la realidad como algo que es relación, y que existe gracias a la interdependencia entre los seres que la rodean.

Lo anterior implica un cambio radical en la forma como normalmente pensamos acerca del mundo. Se supone generalmente que éste está compuesto por seres acabados, que existen en sí y por sí mismos. El todo también se concibe como algo terminado al que vagamente llamamos "naturaleza". Sin embargo, conviene centrar la explicación del conocimiento humano en la relación, y también la acción transformadora del mismo sobre el mundo. Lo anterior recupera la visión cambiante —y en tal sentido histórica— de la realidad, en la medida que ésta es finalmente una relación y, como tal, una realidad siempre mutante que se condensa en núcleos de relaciones.

En tal sentido, Alfred North Whitehead, uno de los grandes pensadores del siglo XX, propuso abandonar el concepto de naturaleza que nos legó la Edad Media. Señala que comúnmente nos

¹⁶ Ludwig von Bertalanffy. "Foreword", en Ervin Laszlo. *Introduction to Systems Philosophy*, p. XVIII.

referimos a la naturaleza como algo acabado, compuesto de entidades terminadas e independientes entre sí, y por lo tanto inmóvil.¹⁷

“Hemos de abandonar la falsa idea de que la naturaleza es como un mero compuesto de entidades independientes, susceptibles de aislamiento cada una de ellas. Según esta concepción, estas entidades cuyos caracteres son susceptibles de una definición aislada, júntese y forman por sus relaciones accidentales el sistema de la naturaleza. Este sistema es así completamente accidental; y aun en el caso de que esté sujeto a un destino mecánico, está sujeto a él únicamente de manera accidental”.

Propone Whitehead que no se tome a la relación como un accidente en la explicación de la realidad, sino que la *relación* sea la categoría fundamental que la explique. Por eso afirma que *“un acontecimiento aislado no es un acontecimiento, porque cada acontecimiento es un factor de un todo más grande y significa ese todo”*.

En otras palabras, cada hecho o acontecimiento no puede existir ni tampoco ser explicado si no es a partir del conjunto universal, que le da existencia y significado. Por tanto, la relación no se limita a dos términos, sino que es múltiple; es decir, la existencia de un hecho se explica por numerosas relaciones o vinculaciones con otras cosas, y no solamente con una.

Lo anterior puede apreciarse claramente en el terreno de los signos: un signo cobra significado por su relación con el conjunto donde se ubica, y ésta no se limita solamente a otro signo, sino que se refiere a la totalidad del sistema donde éste se ubica.¹⁸ La relación es por tanto el vínculo que da el ser y su razón de ser a una entidad dentro de un sistema. Si nuestra realidad es un todo relacionado, como lo sugiere Whitehead, podemos afirmar con él que la naturaleza es un *sistema*.

Aunque los creadores y seguidores de la *teoría general de sistemas* no guardan una relación directa con las teorías de Whitehead coinciden en la visión de totalidad jerárquicamente integrada de la realidad como un esfuerzo por comprenderla. Se mencionaron aquí para hacer ver la tendencia hacia la totalización de la realidad en un esfuerzo por comprenderla. Para lo que nos ocupa es importante precisar aún más el concepto de *sistema*, y de la posible relación que éste guarda con la *inteligencia artificial*.

Un sistema, además de su noción de totalidad, tiene una estructura jerárquica, es estable, tiene un fin, es diferenciado y tiende a mantenerse en equilibrio. Si analizamos desde este punto

¹⁷ Whitehead. *El concepto de naturaleza*, pp. 157-158.

¹⁸ *Ibid.*, p. 167 y ss.

de vista la realidad en la que nos movemos podemos observar que el mundo en el que vivimos es una totalidad organizada jerárquicamente en la que caben no sólo los elementos físicos que la componen, sino también objetos complejos. Más aún, los símbolos, los valores, las entidades sociales y las culturas son hechos reales que forman parte de la totalidad y que la configuran.¹⁹

Si consideramos el hecho del conocimiento humano como una interacción que se da entre el que conoce y el objeto conocido observamos que existe interrelación de dos sistemas que contienen rasgos físicos comunes y características que están más allá de la realidad física o sensible. Según Piaget, *"las estructuras humanas no parten de la nada, y si toda estructura es el resultado de una génesis, es necesario admitir con decisión, vistos los hechos, que una génesis constituye siempre el paso de una estructura más simple a una más compleja, y ello según una regresión sin fin"*.²⁰

Siguiendo a Piaget podemos aceptar también, por una parte, la existencia de dos sistemas y, por la otra, que se da la asimilación de una cosmovisión y de esquemas cognitivos tales como prejuicios, aprendizaje, etc., derivados de un conocimiento previo. De esa manera cada nuevo conocimiento del individuo no solamente cambia la estructura de conocimiento, sino que la enriquece intensificándola²¹ y haciéndola más compleja. Se trata de un proceso por el que se pasa acumulativamente de un sistema a otro más complejo, como lo apunta Piaget. Dicha acumulación no se refiere necesariamente a la acumulación física o biológica en términos de los organismos más desarrollados; puede darse también en los procesos mentales, en construcciones lógicas, en el aprendizaje y en el reconocimiento de objetos conocidos, entre otros. Es decir, en el conocimiento se da una interacción de dos sistemas por la cual ambos —quien conoce y lo conocido— sufren modificaciones con las que se enriquece el sujeto. Lo anterior puede ser llamado sistema cognitivo por las características de sus funciones.

Un sistema cognitivo consta de acciones mentales propias del espíritu humano, que se diferencian de las estructuras y procesos neurofisiológicos comunes a otros seres vivientes. Manifiesta una organización propia que consiste en ordenar internamente construcciones formadas a partir de los datos sensibles que percibe el cuerpo humano del mundo exterior a través de los sentidos. Esas construcciones son comparadas y modificadas a partir de patrones ya existentes en la mente humana (*gestalts*) que abarcan desde objetos físicos hasta construcciones complejas como el arte, la religión, los valores, etc.²²

¹⁹ Ver Von Bertalanffy, *op. cit.*, p. XX.

²⁰ Jean Piaget. *El estructuralismo*, p. 57.

²¹ Ver Ervin Laszlo, *op. cit.*, p. 134 y ss.

²² *Ibid.*, p. 127.

La percepción, el lenguaje, el aprendizaje, el simbolismo y la adaptación son resultado de la interacción entre el sujeto y su medio en la actividad cognitiva. Esto puede ser visto desde la perspectiva de sistemas. En efecto, un sistema está formado por entidades distintas entre sí pero que interactúan y que como consecuencia sufren una modificación en su misma estructura, que puede ser identificada como un nuevo modo de interrelación y, por ende, como una nueva forma de existencia.

Con todo lo anterior podemos afirmar que el conocimiento humano y su resultado —la ciencia— pueden ser interpretados como un sistema explicativo acerca de una realidad cambiante. La explicación científica de la realidad ha sido también cambiante a pesar de que con frecuencia se hace creer que los postulados de la ciencia son estables porque permiten predecir el comportamiento de fenómenos futuros. La ciencia, que pertenece al ámbito explicativo, se realiza con simbolismos en el marco del lenguaje humano. Esta situación es paralela con la forma como opera la IA. En efecto, ésta aspira a que los sistemas inteligentes puedan ser acumulativos y cambiantes en la forma como Piaget se expresa acerca de las estructuras.

Para dejar claramente establecida nuestra posición al respecto nos proponemos presentar algunas ideas orientadas a ofrecer una explicación acerca del simbolismo y el lenguaje humano. Éste versa sobre la realidad, considerada como un todo formado por la relación entre las partes que la componen. Por otra parte, el conocimiento consiste en una relación específica entre los conceptos que nos formamos del mundo externo. Esto corresponde estrechamente a la noción de sistema que hemos señalado, por lo que el conocimiento humano encuentra una explicación coherente como reflejo de la realidad, que es un sistema por las relaciones que la constituyen.

2.3. Conocimiento y simbolismo

En el hombre, la generación de pensamientos a partir de las percepciones inmediatas acerca del mundo no se realiza en forma mecánica. El pensamiento aparece como resultado de un sistema de signos; existe una referencia a él llamada "referencia simbólica". Mediante ésta percibimos y ordenamos las sensaciones físicas que nos transmiten los sentidos. El simbolismo es un fenómeno que pertenece al ámbito mismo de la acción humana, y con ella se confunde. De hecho, lo que interiorizamos en el proceso del conocimiento son las sensaciones acerca de las cosas, no las cosas mismas. Decimos que las conocemos porque les damos un significado desde el sistema de signos que utilizamos para referirnos al mundo, al que consideramos genéricamente como "lo otro", lo que es diferente a mí.

Símbolo y significado son inseparables, y ambos carecen de sentido si no se les considera como parte esencial del pensamiento humano. Sin embargo, todo simbolismo requiere necesariamente de la percepción sensorial de quien interpreta el símbolo.

Se dice que podemos modificar —consciente o inconscientemente— las representaciones de nuestros sentidos.²³ Nuestra voluntad, sin embargo, sólo en parte modifica explícitamente nuestro pensamiento porque éste se da, de hecho, en forma simbólica; simbolismo que heredamos del medio ambiente desde antes de nuestro nacimiento y que introyectamos posteriormente a través de diversos mecanismos sociales. La modificación no consensual del simbolismo traería por consecuencia la incomunicación y el aislamiento del individuo con la realidad.

Aunque son diferentes el simbolismo del que hablamos y el conocimiento directo, el simbolismo es la forma como se desarrolla cualquier actividad humana, incluyendo en primer lugar al conocimiento mismo. En el caso del conocimiento humano, la experiencia directa es distinta del conocimiento propiamente dicho. Entre los dos existe el simbolismo, es decir, el significado que se da a la experiencia directa. Existe el "reconocimiento directo" y la "referencia simbólica". Se trata de un elemento activo que aporta al conocimiento la estructura misma del percipiente, que Aristóteles primero, y posteriormente la Escolástica, llamaron *intelecto agente*.

La referencia simbólica a la que nos referimos se da entre la percepción y el significado, y viene a ser el elemento activo que lleva a cabo la síntesis entre lo que percibimos y el significado que le atribuimos, que es aportado por quien percibe el mundo exterior a través de sus sentidos.

Esta referencia requiere un fundamento que sirva de base común tanto a la naturaleza del símbolo como a la del significado. De esta forma, concebimos la percepción del mundo que nos rodea como una fase primitiva o primaria en la autoproducción de un acontecimiento cuya existencia es real tanto en el mundo como en el individuo que lo conoce.

Nuestro conocimiento es, por consiguiente, completamente activo; actividad que se vierte sobre la percepción sensorial y el simbolismo. Sin embargo, la referencia simbólica requiere de algo en común entre el símbolo y el significado que no guarde relación con quien percibe; pero también necesita la actividad de éste sin que tenga que recurrir ni al símbolo particular ni a su significado específico. En otras palabras, la naturaleza de la relación entre el símbolo y su significado no determina a alguno de ellos porque "no hay componentes de la experiencia que sólo sean símbolos o sólo significados",²⁴ de la misma manera que no existe un *padre* que no haya engendrado un hijo, o un *hijo* que no haya sido engendrado por un padre.

El conocimiento humano, por tanto, se constituye como la expresión de la realidad integrada en un sistema que se autosostiene, expresión que existe solamente como relación. Se trata de algo que se mantiene en la relación misma al margen de algo autosuficiente. El sistema

²³ Whitehead. *Los fines de ...*, op. cit., p. 176.

²⁴ *Idem.*, *El simbolismo, su significado y efecto*, p. 15.

de símbolos que mencionamos incluye al lenguaje. A través de él tenemos acceso a la relación simbólica y al conocimiento mismo. Con el lenguaje manipulamos los símbolos y, por ende, el conocimiento que tenemos acerca del mundo.

En el caso de la computadora, ésta procesa símbolos y el usuario interactúa con ella valiéndose también de los símbolos que cobran significado en el marco de un lenguaje. En efecto, los ordenadores reciben, de parte de los usuarios, estímulos que ubican en sus parámetros lógicos a través del lenguaje. Éste tiene varios niveles, de tal manera que a la fecha la interacción con el usuario se realiza sólo en parte, sirviéndose del lenguaje natural. De hecho, la utilización de éste para comunicarse con la máquina es uno de los puntos en que se desarrolla actualmente la investigación de punta en los sistemas computacionales, especialmente en la IA.

Hasta ahora hemos hablado del conocimiento humano como algo referencial. Ahora bien, las computadoras, como máquinas procesadoras de signos, realizan sus procesos basadas en referencias a su base de datos aplicando las inferencias lógicas de tal manera que en este punto es notable la semejanza con el conocimiento humano. Podemos sostener, por tanto, que los programas inteligentes procesan símbolos como la mente humana y que existe un paralelismo entre ésta y la computadora. De hecho, si el conocimiento es explicado como algo referencial, las máquinas procesadoras de signos, al trabajar de igual manera que la inteligencia humana, pueden conocer de manera análoga en la medida en que manejan símbolos en un contexto significativo y los procesan; obtienen inferencias y las explican y son capaces de integrar y almacenar nuevas referencias simbólicas. Por lo anterior, ubicamos a la IA como una poderosa herramienta en manos del hombre, tanto para la obtención de conocimientos como para ordenar su acción transformadora sobre él.

3. Futuro de la IA

Por todo lo anterior podemos ver que la IA constituye una poderosa herramienta auxiliar para todas las tareas del hombre actual, tales como la obtención de conocimientos tanto en tutoriales como en las actividades científicas, en el procesamiento y aplicación de conocimientos para procesos de transformación en la industria, en actividades agrícolas, ingeniería genética, etc.

La aplicación de la IA se realiza en todos los campos de la actividad humana y su número va en aumento. A modo de ilustración mencionamos el caso de la estación espacial *Freedom*²⁵ porque en su construcción se están incorporando los mayores avances de la IA de manera tal que su operación será igual a la que realizarían experimentados astronautas sin que esto se dé.

²⁵ Ver Donald Woods. *Space Station Freedom: Embedding AI*, p. 33 y ss.

En efecto, la estación *Freedom* será puesta en la órbita terrestre a finales de los años 90, y será una de las más complejas tanto por las actividades que desarrollará, como por la tecnología con que contará. Pesará más de 200,000 kilos y medirá aproximadamente 100 metros.

Durante su vida útil, estimada en 30 años, la estación *Freedom* estará en condiciones de realizar investigaciones sobre el conocimiento científico de materiales, los efectos fisiológicos de los microorganismos en humanos y podrá servir como estación puente para la exploración del sistema solar.

La estación, para su operación, contará con diferentes sistemas de *hardware* y *software*. Cada uno de éstos está siendo diseñado para atender las funciones básicas en la operación de la estación *Freedom*, y también los sistemas inteligentes proporcionarán el soporte que requieren los experimentos científicos.

El sistema de manejo de datos (DMS) de *Freedom* prevé la adquisición de datos y la comunicación entre sistemas y elementos de la misma estación. Por ejemplo, el sistema de guía de navegación y control (GN&C) deberá asegurar, utilizando sistemas inteligentes, que la estación se mantenga en la correcta altitud y en el rumbo adecuado respecto a la superficie de la Tierra y su orientación en el vuelo. Esto lo realizarán dichos sistemas calculando la posición de la estación mediante la observación de las estrellas, rastreando el movimiento de aquella a través de rayos láser y controlando su orientación por medio del control del momento con giroscopios. Para ello, la IA se aplica en la observación de la posición y movimiento de las estrellas, procesando los datos obtenidos y transmitiendo órdenes a los dispositivos para mantener la posición adecuada.

El sistema de manejo de datos provee los recursos computacionales y los datos que necesitan los sistemas de la estación *Freedom*. Además, utiliza técnicas de *inteligencia artificial* para detectar fallas en su trayectoria y recuperación de la misma.

Concretamente, *Freedom* incorpora tecnologías de la IA tales como:

a) *Sistemas de visión*, que reproducen algunas de las capacidades de la vista en el hombre para hacer que el sistema de movimiento de *Freedom* pueda evitar choques y también esquivar objetos inesperados.

b) *Procedimientos propios de la robótica*, que incluyen herramientas, acciones, controladores manuales y ensamblajes, que reproducen la acción que un hombre realiza con su brazo y mano.

c) *Sensores táctiles*, que dotan al robot de sensación al tocar y le permiten "sentir" superficies o ángulos.

d) *Interfaces humanas* que incorporan reconocimiento de la voz para que los operadores puedan controlar fácilmente las complejas operaciones del manipulador.

e) *Sistemas de bases de datos* que aplica técnicas de IA y que permite automatizar diversas funciones en la operación de *Freedom*.²⁶

4. Conclusiones

El breve recorrido que hemos realizado hasta aquí, comparando y explicando tanto el conocimiento humano como la IA, nos permite avanzar algunas conclusiones:

1. El conocimiento humano y su expresión son una relación que se da en un marco referencial comparable a un sistema donde los signos son manipulados para establecer relaciones.
2. El conocimiento humano es diferente de los fenómenos fisiológicos y se sitúa en la conciencia, que es propiedad única del ser humano y que jamás podrá realizar una máquina.
3. La acción del hombre es resultado y fuente, a la vez, del procesamiento de información simbólica que se da en el conocimiento.
4. Los sistemas inteligentes (IA) son procesadores de símbolos dentro de un marco de referencia. Dichos símbolos se agrupan en una base de datos que contiene información y reglas inferenciales.
5. La IA cuenta con mecanismos que le permiten ampliar y ajustar su base de datos a partir de la interacción con el usuario. Realiza esto mediante el manejo de símbolos relacionados con su propia base de datos. En ello se asemeja al procesamiento de símbolos que realiza la mente humana.
6. La IA, en la medida que pretende asemejarse a los procesos mentales del hombre, es un valioso instrumento para la representación del conocimiento humano.
7. Es posible establecer una analogía entre el procesamiento de símbolos que realizan tanto la mente humana como la máquina computadora, y consecuentemente consideramos válido aplicar el atributo "inteligente" a dicha máquina.
8. Queda establecido que la IA es un poderoso auxilio en todos los campos donde se aplica y ordena el conocimiento humano, tales como la investigación; la biogenética; los sistemas de extracción, cultivo y producción; la robótica, etc., como lo señalamos respecto a la estación *Freedom*.

²⁶ Brian Schaefer (et al.). "A Knowledge-based Intelligent Tutoring System. Training Spacecraft Operator", p. 21 y ss.

Bibliografía

- Bowen, Kenneth A. *Prolog and Expert Systems*, Nueva York, Mc Graw Hill, 1991.
- Bratko, Ivan. *PROLOG . Programming for Artificial Intelligence*, Nueva York, Addison Wesley, 1991.
- Churchland Paul M. y Patricia Churchland. "Could a Machine Think?", *Scientific American*, 262:1990, núm. 1.
- Firebaugh, M. SW. *Artificial Intelligence. A Knowledge Based Approach*, Boston, Boyd & Fraser, 1988.
- Kamran, Parsaye (et al.). *Intelligent Database. Object Oriented, Deductive Hypermedia Technologies*, Nueva York, Wiley, 1989.
- Laszlo, Ervin. *Introduction to Systems Philosophy*, Nueva York, Harper & Row, 1972.
- Liebowits, Jay. *Expert Systems World Congress Proceedings*, Nueva York, Pergamon Press, 1991.
- Marcus, Claudia. *Prolog Programming. Aplications for Databases Systems, Expert Systems and Natural Language Systems*, Massachusets, Addison Wesley, 1986.
- Piaget, Jean. *El estructuralismo*, Buenos Aires, Proteo, 1968.
- Popper, Karl R. *La lógica de la investigación científica*, Madrid, Tecnos, 1973.
- Ramsus, Daniel W. "Putting the Experts to Work", *BYTE*, 16: 1991, núm. 1.
- Russell, Bertrand. *Lógica y conocimiento*, Madrid, Taurus, 1966.
- La perspectiva científica*, Barcelona, Ariel, 1974.
- Ryan, Bob. "AI's Identity Crisis", *BYTE*, 16: 1991, núm. 1.
- Salazar Resines, E. Javier. *Lógica y expertos*, México, UAM-ANUIES, 1990.
- Schaefer, Brian (et al.). "A Knowledge-based Intelligent Tutoring System. Training Spacecraft Operators", *PC AI*, julio-agosto de 1992.
- _____ *Scientific American*. "Mind and Brain", 267: 1992, núm. 3.
- Searle, John R. "Is the Brain's Mind a Computer Program?" *Scientific American*, 262:1990, núm. 1.
- Van Gigch, John P. *Teoría general de sistemas*, Trillas, México, 1987.
- Withehead, A.N. *Los fines de la educación*, Paidós, Buenos Aires, 1957.
- _____ *El concepto de naturaleza*, Madrid, Gredos, 1968.
- _____ *El simbolismo, su significado y efecto*, UNAM-Instituto de Investigaciones Filosóficas, 1969.

Winograd, Terry. "Máquinas pensantes: ¿son posibles?, ¿lo somos?", *Revista de Occidente*, abril de 1991, núm. 11.

Woods, Donald. "Space Station Freedom: Embedding AI", *AI Expert*, Abril de 1992.