

Educando al



“niño computacional” de Turing

Eduardo F. Morales

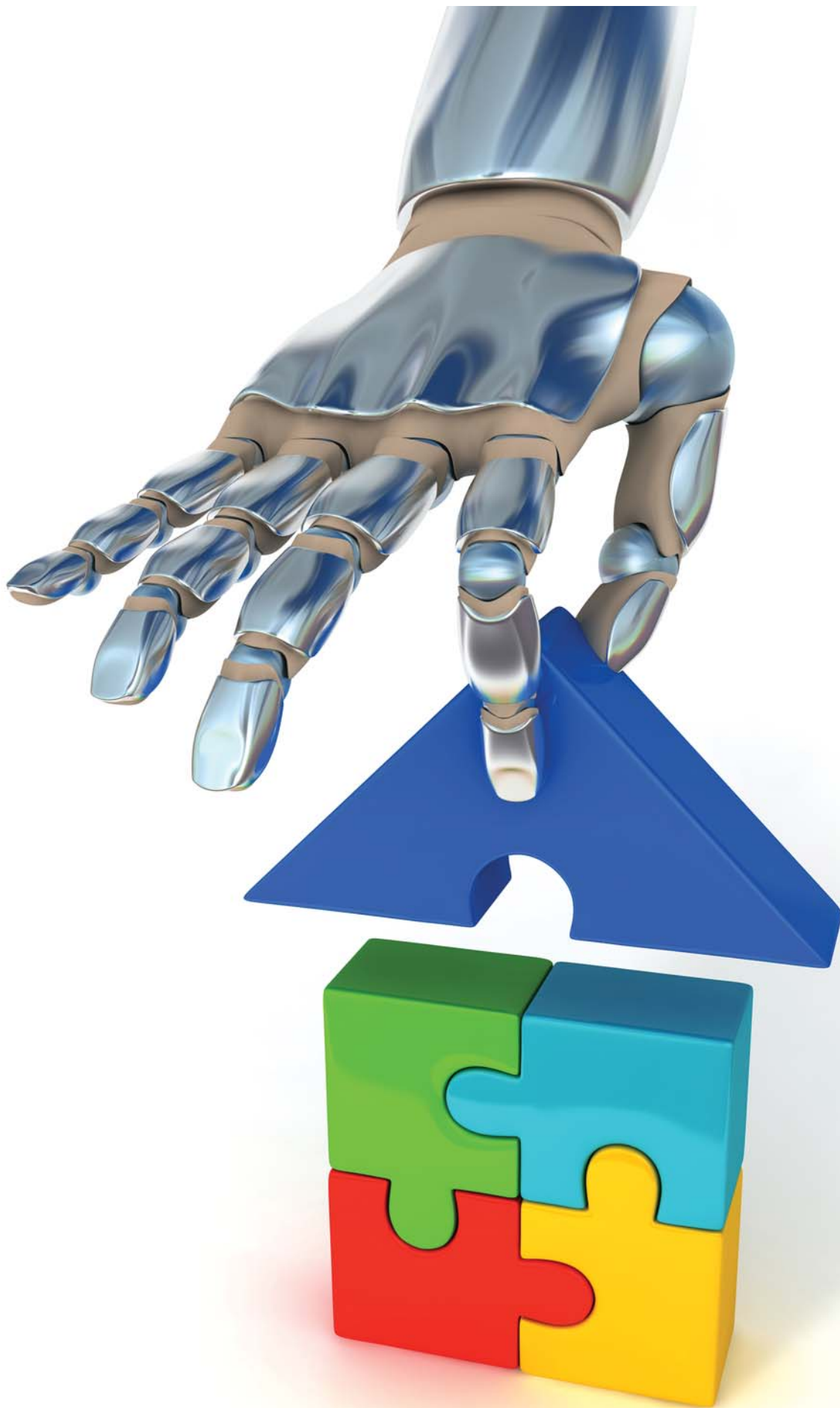


Alan Turing propuso que una forma para conseguir que una computadora se pudiera considerar suficientemente inteligente como para engañar a una persona, sería construir una máquina con el conocimiento de un niño, proveerla de habilidades de aprendizaje y educarla como se educa a un infante. En este artículo analizamos esta propuesta y qué tan cerca estamos de alcanzarla.

Introducción

Imaginemos que queremos probar si una computadora piensa. A Alan Turing se le ocurrió que esto se podría resolver con una prueba basada en un “juego de imitación”. En resumen, la prueba, ahora conocida como Prueba de Turing, verifica si una máquina puede imitar tan bien a una persona como para que la lleguen a confundir con ésta. Existe una gran cantidad de literatura especializada sobre la prueba; parte de ella se discute a detalle en el artículo “¿Cómo medir la inteligencia de las máquinas?” de Carlos Gershenson, en este mismo número de *Ciencia*.

Un poco menos conocido es que Turing también sugirió que, en lugar de construir una máquina capaz de imitar a un adulto, sería mucho mejor construir un “niño computacional”, o *child machine*, con ciertos conocimientos básicos, al cual se podría educar, en forma parecida a como se educa a los niños. En este artículo revisamos a detalle lo que planteó Turing como su “niño computacional”, y la forma de educarlo. También describiremos algunos de los desarrollos iniciales del aprendizaje computacional y la inteligencia artificial, así como sus tendencias actuales. Comentaremos, asimismo, algunos avances recientes que apuntan a la construcción de este “niño computacional” y, finalmente, presentaremos algunas perspectivas sobre qué tan cerca estamos de construir una máquina educable.



● La prueba de Turing

Turing visualizó con gran detalle las posibilidades de crear inteligencia artificial (IA) por medio de las máquinas. En su plática en la Sociedad Matemática de Londres en 1947 planteaba: “Este tema [de programación automática] naturalmente nos lleva a preguntarnos hasta qué punto es posible para una computadora, en principio, simular las actividades humanas.”

Tres años después postuló su prueba: “Creo que como en 50 años será posible programar computadoras [...] para poder jugar tan bien el juego de imitación que un interrogador promedio no va a tener más del 70 por ciento de oportunidad de hacer la identificación correcta después de cinco minutos de interacción [por medio de teletipo].”

A veces esta prueba se interpreta erróneamente como una definición de la inteligencia artificial. Turing en ningún momento habló de una definición de inteligencia. La prueba era más bien una forma *operacional* para probar si las máquinas podían pensar en algún sentido o no. Es curioso que Donald Michie, quien conoció personalmente a Turing, escribió que éste habría reprobado su propia prueba, ya que dada su personalidad completamente absorta en contenido intelectual y su inhabilidad de responder en forma “coloquial”,

hubieran hecho que cualquiera pensara que seguramente Turing era la máquina.

● El niño computacional

En el mismo artículo donde Turing propone su prueba, plantea: “En lugar de tratar de producir una máquina que simule la mente humana, ¿por qué no tratar de producir una que simule la de un niño?” La hipótesis es que sería mucho más fácil programar a la mente de un niño y después educarla de alguna forma, que tratar de programar una mente adulta desde un principio. Este niño computacional tendría que ser una máquina “educable”, capaz de aprender y acumular conocimiento con el tiempo. Turing añade: “Podríamos asumir que la cantidad de trabajo que requerirá su educación será, en una primera aproximación, equivalente a la que requiere educar a un humano.”

Esta afirmación genera una serie de preguntas interesantes. Si la vamos a educar como a un niño, entonces: ¿también nos tardaríamos 18 años en educar a una computadora? ¿Podemos hacer más eficiente el proceso; o son el cerebro, y su forma de aprender, óptimos? ¿Se requiere que la computadora tenga tiempos “libres” para “asimilar” el conocimiento, o podría educarse ininterrumpidamente durante las 24 horas del día? Si vamos a educar a una computadora, ¿qué características tendrían que cumplir los padres/maestros para hacerlo? ¿Quién querría educar a una máquina?

Actualmente existe una gran cantidad de conocimiento y de cursos en Internet. ¿Podríamos hacer que la máquina se eduque sola, al menos parcialmente, con información existente en Internet? Por otro lado, posiblemente el aprendizaje humano es poco eficiente; entonces habría que preguntarse si podemos encontrar mejores mecanismos de aprendizaje y construir una maquinaria más efectiva que el cerebro, superando a millones de años de evolución y selección natural. También cabe la posibilidad de que, aunque los humanos no aprendamos de forma óptima, no podamos diseñar máquinas que lo hagan más eficientemente, y tengamos que esperar mucho más tiempo para que una computadora aprenda. Aún no podemos responder estas preguntas. Y aunque en ciertas tareas específicas las máquinas han demostrado ser su-



periores a los humanos, en muchas otras aún son muy inferiores, y ni siquiera se sabe todavía si podrán realizarlas en el futuro.

Finalmente, es importante resaltar que los programas y el “conocimiento” que se tiene en las computadoras son transferibles. Esto es, si una computadora es capaz de realizar alguna tarea, podemos transferir todo ese conocimiento directamente a otra computadora (suponiendo que tienen el mismo sistema operativo y las mismas capacidades de procesamiento). Esto quiere decir que, aunque nos tardemos 18 años en educar a una computadora, pasados esos 18 años todas las computadoras equivalentes podrían compartir el mismo conocimiento.

Para educar a esta máquina, Turing divide el problema en dos componentes principales: 1) el programa inicial del niño computacional, y 2) el proceso educativo. El programa inicial tendría, de acuerdo con Turing, un sistema completo de inferencia lógica con definiciones, proposiciones, hechos, conjeturas, etcétera. Esto es, las computadoras se tendrían que programar usando expresiones lógicas, y tener programas para interpretar estas expresiones en código de máquina. Turing también plantea incluir un proceso de inducción o aprendizaje que usara la lógica.

Aunque el planteamiento de representación y de razonamiento planteado por Turing está basado en lógica, y se tienen avances muy importantes en esta área, habría que preguntarse si esto es realmente lo que nos gustaría tener. Podemos pensar en una máquina que, usando su sistema de inferencia lógico, deduzca que lo mejor es realizar una acción que, aunque sea una “consecuencia lógica” de la información de que dispone, no sea la más adecuada bajo otras consideraciones. Independientemente de cómo representar el conocimiento, y cómo hacer inferencia con éste, queda todavía por resolver qué tipo y cantidad de conocimiento inicial incluir en un niño computacional que sea adecuado para poder educarlo.

Con respecto al proceso de educación, Turing plantea que se tiene que establecer una comunicación en ambos sentidos entre alumno y maestro: “En resumen, es usar nuestro conocimiento de cómo el cerebro adquiere su inteligencia como modelo para diseñar una máquina inteligente educable.”

Para educar a esta máquina, Turing divide el problema en dos componentes principales:

- 1) el programa inicial del niño computacional, y 2) el proceso educativo.

El programa inicial tendría un sistema completo de inferencia lógica con definiciones, proposiciones, hechos, conjeturas, etcétera. También plantea incluir un proceso de inducción o aprendizaje que usara la lógica.



Quizás no debería de sorprendernos que exista una gran cantidad de técnicas desarrolladas por investigadores en aprendizaje computacional que obedecen justamente a estas ideas. Por ejemplo, se han desarrollado sistemas en los que la idea es aprender cuál es la mejor acción que debe realizar por una máquina, de acuerdo con recompensas basadas en premios y castigos, en lo que se conoce como “aprendizaje por refuerzo”. También existen algoritmos que combinan candidatos a soluciones para obtener otras soluciones mejores, usando ideas de selección natural y supervivencia del más apto, en lo que se conoce como “algoritmos genéticos”.

Se han desarrollado también sistemas en los que una persona le enseña a un robot cómo realizar una tarea, para que después éste pueda llevarla a cabo por sí mismo, en la llamada “programación por demostración”. Y hay muchas otras áreas donde se exploran, además de las ideas planteadas por Turing, cuestiones relacionadas con varios aspectos del aprendizaje humano.

Pero, a pesar de todos estos avances, todavía no se tiene una máquina educable en el sentido que planteaba Turing.

¿Qué hace la comunidad de computación al respecto?

Las áreas de la computación que se hallan más cerca de desarrollar un niño computacional son la inteligencia artificial y su subárea de aprendizaje compu-



Juego entre Deep Blue y Gary Kasparov.

tacional. De acuerdo con Claude Sammut, el desarrollo del aprendizaje computacional se puede ver desde dos enfoques generales. Uno se asemeja más a las ideas planteadas por Turing y ha logrado desarrollar sistemas que aprenden por prueba y error, de manera incremental, tomando en cuenta demostraciones e interacción con un usuario, etcétera. Y dos, existen desarrollos que se han enfocado en analizar grandes cantidades de datos, posiblemente obtenidos de Internet, que pueden combinar diferentes fuentes y tipos de información para producir conceptos útiles para los humanos. Es curioso que, casi al mismo tiempo que Turing planteó su niño computacional, H. G. Wells, en 1937, hablaba de lo que llamó el “cerebro mundial” o *World Brain*, en donde imaginaba que todas las personas tuvieran acceso a todo el conocimiento de la humanidad. Podemos pensar que Internet ya nos acercó a esta idea visionaria.

Independientemente de estos enfoques, de acuerdo con Pat Langley, al principio de su desarrollo la investigación en aprendizaje computacional estaba mucho más ligada a las ideas generales de inteligencia artificial, pero los avances que se lograron fueron muy lentos. Con el tiempo, los sistemas se empezaron a especializar para resolver problemas particulares; hizo mucho más énfasis en el desempeño y las estadísticas, y los esfuerzos se concentraron principalmente en resolver problemas de clasificación y de regresión, dejando a un lado los otros enfoques más ligados a las ideas originales del área.

En lo que respecta a la inteligencia artificial, de acuerdo con J. Laird y M. van Lent, su evolución fue muy parecida a la del aprendizaje computacional. Sus primeros desarrollos fueron para tratar de construir sistemas inteligentes generales, pero en los últimos años la investigación se ha visto cada vez más fragmentada en campos cada vez más especializados, que trabajan en problemas cada vez más específicos y usan algoritmos cada vez más particulares.

A pesar de estas visiones pesimistas, tenemos que reconocer algunos desarrollos con resultados muy impresionantes. Por ejemplo, en 1996 una máquina llamada *Deep Blue* le ganó en un juego de ajedrez al campeón mundial de la época. En 2011, un sistema llamado *Watson* le ganó a los dos mejores jugadores de *jeopardy*

en Estados Unidos. Se han desarrollado vehículos autónomos que funcionan tanto para ciudades como para terracería, e inclusive en el espacio, explorando actualmente otros planetas. Existen robots que realizan operaciones quirúrgicas de gran precisión o robots que alimentan a personas parapléjicas leyendo sus señales cerebrales. Y podríamos mencionar muchos más.

La gran cantidad de éxitos que se han logrado ha hecho que sea fácil ignorar los fracasos sufridos en la búsqueda de obtener progresos significativos en la construcción de sistemas inteligentes a nivel de las personas. Uno debería de preguntarse, ¿dónde está HAL (la computadora de 2001, *Odisea del espacio*)?, o al menos, ¿dónde está un prototipo de HAL?, y si es éste el tipo de sistemas que queremos tener. Si recordamos la película, HAL acabó matando a casi toda la tripulación porque tenía una misión “más importante” que cumplir.

¿Qué esperar en el futuro?

Existe una serie de retos que se tendrían que resolver para construir un niño computacional. Algunos de ellos son:

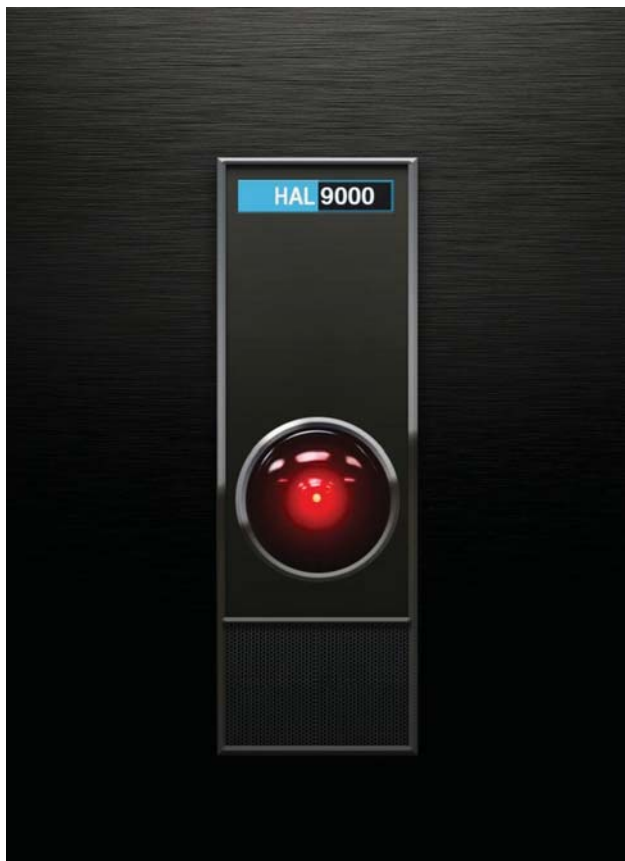
- ¿Con qué conocimientos y capacidades de aprendizaje empezar?
- ¿Cómo seleccionar qué aprender?
- ¿Cómo mantener el interés de una máquina por seguir aprendiendo?
- ¿Cómo organizar el conocimiento aprendido?
- ¿Cómo seleccionar la información relevante del ambiente y el conocimiento relevante adquirido para aprender algo nuevo?

En los últimos años se han empezado a retomar algunas de las ideas originales de la inteligencia artificial. Esto se debe a varias razones: por un lado, se tienen máquinas mucho más poderosas que antes; por el otro, se han desarrollado teorías y aplicaciones reales que han brindado más madurez al área, y a la comprensión de los problemas inherentes que se tienen que resolver para obtener sistemas más competentes.

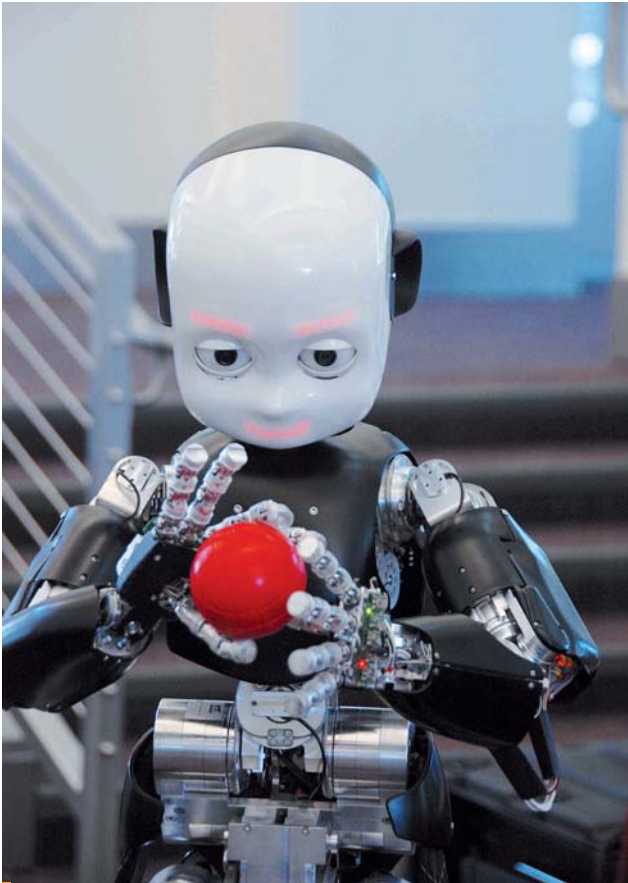
En los últimos años también se ha incrementado de forma notable el desarrollo de robots, lo que ha permitido tener sistemas que interactúan con el medio am-



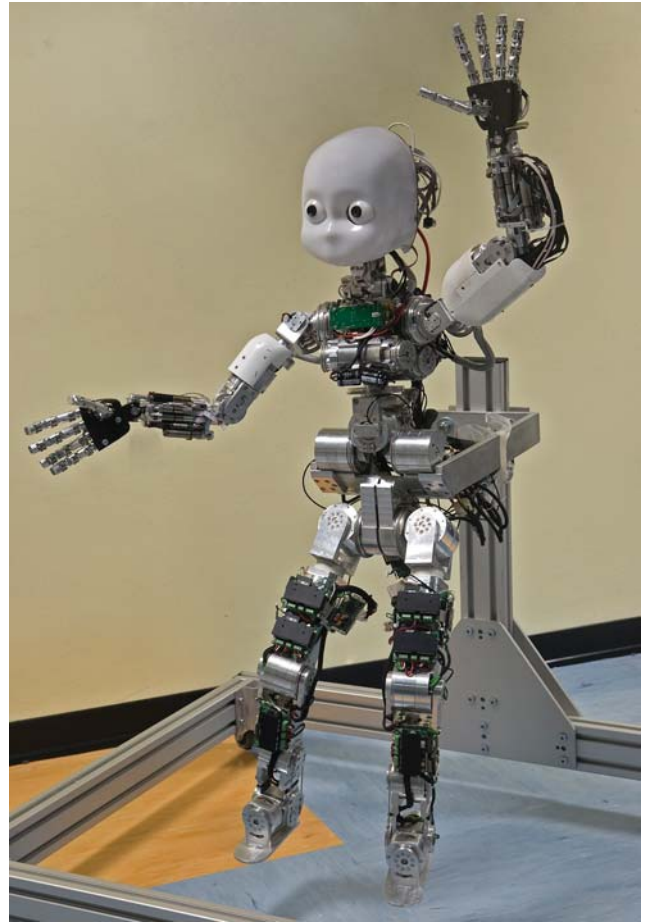
Competencia de jeopardy entre Watson y los campeones.



HAL 9000, la computadora de la película 2001, *Odisea del espacio*.



iCub: robot para entender los procesos de aprendizaje de un niño.



biente y con las personas, acercándonos a condiciones más realistas para el desarrollo de una máquina inteligente. Finalmente, existe una gran cantidad de información disponible que ha potenciado el desarrollo científico a nivel mundial, y que además puede ser analizado por una computadora.

Quizás la iniciativa más cercana al niño computacional de Turing es el proyecto iCub, financiado por la Unión Europea. iCub es un humanoide experimental que se está usando en más de 20 laboratorios a nivel mundial. Este robot tiene 53 motores, nueve grados de libertad en cada mano, cámaras, micrófono, sensores de fuerza, etcétera. El objetivo es estudiar la cognición a través de la implementación de un robot humanoide equivalente a un niño de tres años y medio. Se espera que en iCub se puedan probar ideas de cómo enseñarle a un robot a realizar tareas que los humanos ejecutan naturalmente, pero que para los robots actuales son difíciles de aprender.

Conclusiones

Alan Turing sentó, en los años cincuenta del siglo pasado, las bases de la inteligencia artificial. Aunque normalmente lo más comentado en relación con los sistemas inteligentes es la Prueba de Turing, el reto más fuerte es cómo construir una máquina educable. En los primeros años de la inteligencia artificial y en particular del aprendizaje computacional, se empezaron a desarrollar sistemas de propósito general que buscaban emular la inteligencia humana. Las dificultades con las que se toparon los investigadores pioneros en estas áreas orilló al desarrollo de sistemas específicos que con el tiempo se han traducido en aplicaciones novedosas.

El ritmo acelerado de las investigaciones, el mayor poder de cómputo y el desarrollo de la robótica permiten retomar muchas de las ideas originales que fracasaron en su momento, lo que nos acerca cada vez más a tener una computadora educable. Además de iCub,

existen muchas otras iniciativas que se están desarrollando actualmente a nivel mundial, y que son relevantes para la construcción de máquinas educables.

Claramente existen todavía muchos aspectos por resolver, que siguen siendo temas abiertos de investigación. En estos momentos es muy difícil predecir qué aspectos del aprendizaje se van a reproducir, y hasta dónde se va a llegar en la construcción de un niño computacional; sin embargo, creo que ahora tenemos más elementos que Turing para pensar que en 50 años una persona sin conocimientos de computación va a poder educar a una computadora o a un robot siguiendo las ideas originales del niño computacional de Turing.

Eduardo F. Morales es egresado de Ingeniería Física de la Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco. Tiene una maestría en Inteligencia Artificial por la Universidad de Edimburgo y un doctorado en Computación por el Turing Institute de la Universidad de Strathclyde. Sus líneas de investigación comprenden los sistemas de aprendizaje computacional y la robótica. Actualmente es coordinador de Ciencias Computacionales del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, y es miembro del Sistema Nacional de Investigadores y de la Academia Mexicana de Ciencias.
emorales@inaoep.m

Lecturas recomendadas

- Clark, A. C. y S. Kubrick (1968), *2001: A Space Odyssey*.
Laird, J. y M. van Lent (2001), “Human-level AI’s killer application interactive computer games”, *AI Magazine*, 22(2):15-25.
Langley, P. (2011), “The changing science of machine learning”, *Machine Learning*, 82(3): 275-279.
Sammut, C. (2012), “The child machine vs. the world brain”, en conferencia: *100 years of Turing and 20 years of SLAIS*.
Srinivasan, A. (ed., 2009), *Donald Michie on machine intelligence, biology & more*, Oxford, Oxford University Press.
Turing, A. (1950), “Computing machinery and intelligence”, *Mind*, 59:433-460.
Wells, H. G. (1937), “World Brain: the idea of a permanent world encyclopaedia”, *Encyclopédie Francaise*.

