

Artículo siguiente: ¿PUEDEN SER...

Autor: ÁLVARO CORRAL CUARTAS, PhD.

Filósofo de la Universidad Javeriana y PhD en Filosofía de la Universidad de Würzburg, Alemania. Desde el año 2000 se desempeña como Director del Departamento de Humanidades, Universidad Jorge Tadeo Lozano. Desde el año 2004 es Director del Grupo de Investigación Mente, Lenguaje y Sociedad reconocido por Colciencias en categoría B.

Diseñador: NEFTALÍ VANEGAS MENGUÁN

Diseñador Gráfico de la Universidad Nacional de Colombia. Especialista en Gestión del Diseño de la Universidad de Buenos Aires. Se ha desempeñado en medios editoriales como diseñador y fotógrafo. Actualmente es Profesor Asistente de la Tecnología de Producción de Imagen Fotográfica, Universidad Jorge Tadeo Lozano.



El surgimiento de la complejidad

¿Pueden ser creativas las máquinas?*

ÁLVARO CORRAL CUARTAS

* Una primera versión de este texto se presentó como conferencia en el marco de la *Cátedra Magistral: Creatividad*, coordinada por el profesor Alejandro Molano, el día 26 de marzo de 2009, en el Aula Máxima Luis Córdoba Mariño, de la Universidad Jorge Tadeo Lozano. Agradezco a los estudiantes por las preguntas formuladas y la discusión de algunos de los problemas aquí presentados.

La pregunta por la inteligencia y la creatividad de los artefactos se hizo cada vez más apremiante con el advenimiento de la revolución industrial en el siglo XVIII. Sin embargo, la preocupación por mecanismos capaces de aligerar algunas de las tareas de los seres humanos ha sido una ficción literaria fecunda, desde Homero hasta el androide dorado C3PO, de la saga de *La guerra de las galaxias* de George Lucas. En el canto XVIII de la *Ilíada*, Homero relata que los dioses en el Olimpo están acompañados para las tareas de servicio doméstico por bellas muchachas de oro que se desplazan por el suelo en plataformas provistas de ruedas. Tales artefactos salieron de la fragua de Hefestos, el dios de la artesanía y la industria.¹

I Dos mil ochocientos años después, el matemático británico Alan Turing, en un brillante ensayo titulado «Maquinaria computadora e inteligencia», que transformaría sustancialmente la historia de la informática y de las ciencias de la computación, se interrogaba si las máquinas podían pensar. Con el propósito de responder afirmativamente a esta pregunta y dejando de lado si esta o aquella máquina en concreto puede articular operaciones de pensamiento, Turing nos invita a un ejercicio mental sobre las condiciones que debe tener una supuesta máquina que piensa y formula el siguiente experimento mental. Supongamos que en un cuarto A tenemos una persona y en otra habitación B una máquina. Un interrogador se encuentra en el pasillo y puede formular preguntas claras sobre los más diversos temas. La máquina y la persona en sus respectivas habitaciones están conectadas con el mundo exterior de manera que, para no engañarnos por su aspecto, sólo podemos ver sus respuestas de forma impresa. Turing indica que en el experimento no es posible formular una pregunta que nos permita saber con certeza dónde está la persona y dónde está la máquina. Esta circunstancia, en su opinión, nos obliga a aceptar que todos los procesos de pensamiento, incluidos los más sofisticados que hemos formulado los seres humanos, son procesos que eventualmente pueden ser articulados y procesados por una máquina. Para formular su proyecto, Turing nos invita a pensar en un dispositivo abstracto, denominado por él mismo “computador digital”, como una máquina abstracta capaz de computar cualquier pensamiento. El núcleo del argumento de Turing es que cualquier acción de pensamiento, independiente de quién o qué la formule, es reducible a una tarea de cálculo en el sentido de un proceso algorítmico. Un algoritmo para Turing es un proceso detallado en el cual se definen unos propósitos, se estipulan unos pasos y se obtiene un resultado garantizado. Para el desarrollo

¿Pueden ser creativas las máquinas?

1 En dos lugares se refiere Homero a estos androides de oro. En los versos 373 a 377 leemos: “Encontró [a Hefestos] sudoroso y agitándose en torno de sus muchos fuelles y haciendo a un mismo tiempo veinte trípodes que habían de ser colocados junto a las paredes del sólido palacio, y estaban provistos de ruedas de oro para que por sí mismos (αυτόματα) pudieran dirigirse a donde los dioses se congregaban y regresar del mismo modo”. Más adelante, en los versos 417 a 420, se menciona la existencia de robots mucho más diligentes. “Apoyándose [Hefestos] en dos estatuas de oro semejantes a vivientes vírgenes, ya que tenían inteligencia (νόος), voz y fuerza, y se hallaban instruidas en las tareas apropiadas al servicio de los dioses” (*Ilíada*, canto XVIII, páginas 310-311).

¿Pueden ser creativas las máquinas?

de ese proceso algorítmico, la abstracción formal del computador digital está compuesta de tres partes, como se puede observar en la figura 1: una unidad de memoria o de almacenamiento de la información, una unidad procesadora encargada de poner en marcha los procesos de cálculo en la tarea que debe desarrollar dicha máquina, y finalmente una unidad de control encargada de garantizar la calidad del proceso llevado a cabo, junto con dos unidades periféricas de entrada y salida de la información. Para Turing, el computador digital conformado por las tres unidades mencionadas es capaz de computar cualquier tarea de pensamiento que se le proponga. De hecho, el mismo Turing afirma en su ensayo que los cerebros humanos son ejemplos aproximados de computadores digitales, los cuales se conocen hoy en día como máquinas universales de Turing. Esta conclusión es quizá la más discutida y controvertida por dentro y por fuera de todos los laboratorios de investigación en informática y de la llamada inteligencia artificial (IA).

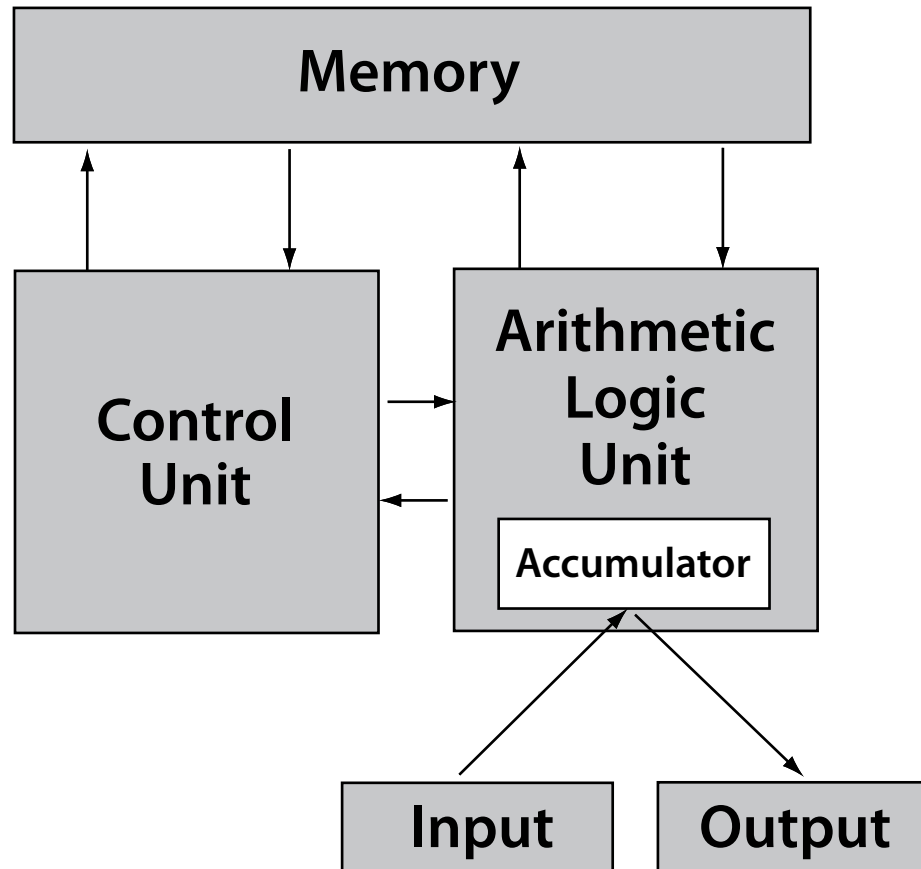


Figura 1. Esquema de la máquina digital de Turing. Diseño de John von Neuman.²

En las discusiones filosóficas que giran alrededor del problema acerca de si pueden o no pensar las máquinas, una de las cuestiones más controvertidas radica precisamente en cómo explicar, con base en la propuesta de Turing, que una máquina, y en particular los cerebros humanos, proceden con

2 Imagen tomada de http://en.wikipedia.org/wiki/Von_Neumann_architecture. Acceso: junio 12 de 2009.

reglas de carácter estrictamente sintáctico, es decir, cómo entender que estos dispositivos mecánicos y orgánicos que están contruidos para funcionar de acuerdo con reglas gramaticales derivadas de la tarea particular que van a ejecutar y que operan con signos, puedan ser capaces de interactuar también en la dimensión semántica, la cual permite, entre otras cosas, la comprensión interpretativa del contenido y del significado del lenguaje con que se opera en cada proceso.

II

Uno de los ejemplos clásicos de las objeciones a la propuesta de Turing sobre el carácter algorítmico del pensamiento y la irreductibilidad de la semántica a la sintaxis, la encontramos en el ensayo «Mentes, cerebros y programas», del filósofo norteamericano John Searle, quien desde 1980 nos invita a pensar en otro escenario mental: el cuarto chino (ver la figura 2). Searle nos muestra que la escenificación del cuarto chino es una prueba de que el test de Turing no es concluyente, pues una persona que no sabe el chino puede eventualmente estar en condiciones de manipular todos los signos de ese idioma y responder a las preguntas planteadas por el interrogador por fuera de la habitación, y no por ello podemos decir que entiende ese idioma. De manera similar, ninguna máquina puede saber sobre qué son los signos que está manipulando. El saber consciente o inconsciente acerca de algo es una propiedad del pensamiento y de la intencionalidad en general. De esa manera Searle concluye que todas las máquinas universales de Turing son tan sólo buenos operadores sintácticos de signos, pero en ningún caso operadores semánticos de los signos. Puesto que el pensamiento se correlaciona entre otras cosas con la manipulación e interpretación semántica de signos, y las máquinas no son capaces de dicha tarea, entonces tenemos que concluir que las máquinas ni piensan ni pueden ser creativas. Searle opina que la manipulación de signos en un idioma desconocido para la persona o máquina que se encuentra en la habitación, como parte del ejercicio del test de Turing, no es condición suficiente para poder indicar a continuación que dicha persona, y mucho menos una máquina, entiende el chino. Entender no es lo mismo que manipular los signos. Searle admite incluso que la persona en la habitación A y la máquina en la habitación B, desde el punto de vista sintáctico, pueden aprobar satisfactoriamente el test de Turing, y que para cualquier observador externo resulta imposible distinguir en qué cuarto se encuentra la máquina y en qué cuarto se encuentra la persona. A pesar de lo anterior, no podríamos afirmar que la persona en el cuarto A y la máquina en el cuarto B tienen la competencia para comprender el idioma chino. Para el interrogador ubicado en el pasillo y que trata de saber dónde está la máquina y dónde está la persona, resulta imposible distinguirlo, pues ambas respuestas, como consecuencia de la estricta manipulación sintáctica de signos, son equivalentes. El interrogador no tiene manera de saber que en uno de los casos, la persona no tiene ninguna idea de lo que significan los signos que está manipulando. Todo lo anterior significa para Searle que el proyecto de investigación en inteligencia artificial

transita en una calle sin salida, pues pasa por alto un hecho contundente: la intencionalidad, entendida como una propiedad de algunos cerebros para representarse cosas y procesos.³



Figura 2. El cuarto chino de John Searle.⁴

De acuerdo con Searle, el error de Turing es suponer que no existe frontera visible entre la sintaxis y la semántica, y que por lo tanto pensar se reduce a la mera manipulación de símbolos físicos. En segundo lugar, Turing parece desconocer, en opinión de Searle, que la operación semántica exige una mínima noción de intencionalidad, es decir, la presencia de una subjetividad para la cual un determinado signo es signo de algo. De manera que un signo pueda ser interpretado por alguien o algo como tal o cual cosa.

En mi opinión, tanto Turing como Searle se encuentran presos en trampas del lenguaje empleado para proponer sus respectivos experimentos mentales. Sin pretender sugerir que sea posible encontrar una instancia extralingüística desde la cual se puedan formular adecuadamente los problemas que nos ocupan, podemos plantear que en el ejercicio de Turing, por una parte, parece darse un círculo entre *programa* para poner en marcha la máquina, *lenguaje* en el que se encuentran escritos los procedimientos para resolver el problema que debe resolver la máquina y *competencia* para leer el programa

3 Para un análisis detallado de esta propiedad de los cerebros, véase: Searle, 1983.

4 Imagen tomada de <http://pzwart.wdka.hro.nl/mdr/research/fcramer/wordsmadeflesh/pics/chinese-room.png> Acceso: junio 12 de 2009.

en el que corre la máquina. Lenguaje, programa y competencia para leer son aspectos casi idénticos de los símbolos manipulados. Searle, por su parte, queda encerrado en el cuarto de su propia invención, al aceptar las condiciones aparentemente estáticas para caracterizar el programa, el lenguaje y la competencia presentes en el experimento mental. Así pues, los críticos de Turing enfatizan que la competencia en cuanto acción que da sentido al lenguaje que se usa y al programa que se pone en marcha no es algo que se pueda reducir a una especie de lenguaje ni a una especie de programa. Cuando nosotros decimos que la máquina universal de Turing se encuentra en el paso 32 realizando una operación consistente por ejemplo en borrar un símbolo dado, aquí los símbolos no tienen ningún significado, ni se refieren a nada. Los ceros y los unos de la información binaria o los estados físicos de encendido o de apagado que se encuentran comprometidos en dicho proceso de borrado son instancias físicas del proceso mismo y nada más.

III

En mi opinión, es posible encontrar en el razonamiento de Turing una salida al problema de la circularidad que acabamos de esbozar ahora, pero no es una salida completa. Turing llama la atención sobre la circunstancia de que el computador digital, en cuanto abstracción matemática, tiene todo el tiempo para desarrollar los cálculos, y además, es posible añadir un elemento de aleatoriedad en cualquier parte del procedimiento. Algo así como, en el paso tres del proceso, cumplir con la siguiente orden: iarroje los dados y el resultado obtenido incorpórelo como nuevo parámetro para darle continuidad al proceso en cuestión! Antes de integrar estos dos aspectos de la suficiencia de tiempo y la introducción de la aleatoriedad, que combinados podrían ser una alternativa para invalidar la consecuencia propuesta por Searle, es importante recordar que Turing se atrevió a apostar que para el año 2000 ya tendríamos un ejemplo concreto de una máquina capaz de resolver cualquier operación de pensamiento. Si hoy nos preguntamos acerca de si Turing ganó o perdió la apuesta, la respuesta es muy clara. No existe todavía un computador o ejemplo concreto de máquina universal de Turing que ejecute tareas de pensamiento equiparables a las de un ser humano normal, y con los avances de la tecnología estamos todavía lejos de lograrlo. De esta manera, parece haberse aquietado la euforia que acompañó el nacimiento de la informática y la plétora de proyectos de investigación en inteligencia artificial. ¿Quiere lo anterior decir que Turing estaba equivocado con el planteamiento de su máquina universal y que Searle tiene razón cuando plantea que la semántica es irreductible a la sintaxis? En otras palabras, que para pensar y ser creativo se necesita no sólo tener la capacidad para manipular símbolos de acuerdo con procesos estrictamente sintácticos, sino que además es necesaria una cierta competencia en la comprensión acerca de los contenidos y significados a los cuales se refieren dichos procesos sintácticos, de tal manera que los pensamientos tienen que ser sobre algo y que lo pensado o lo percibido puede tener un significado. Reconocer la validez de la afirmación anterior, no significa reconocer que Searle

¿Pueden ser creativas las máquinas?

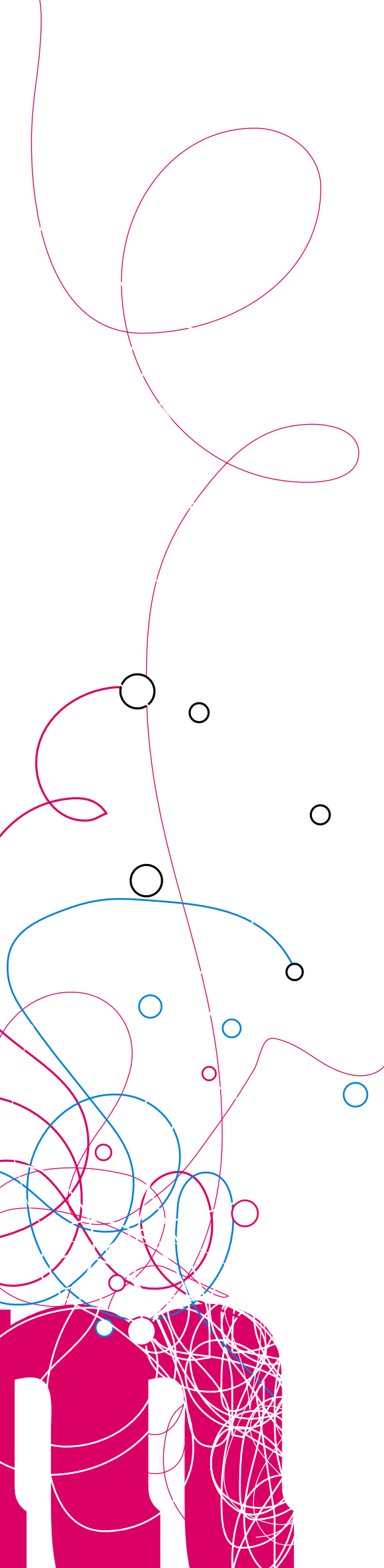
¿Pueden ser creativas las máquinas?

haya resuelto el problema y que por ende la producción de una máquina pensante y creativa constituye una quimera imposible para alimentar tan sólo la imaginación de los creadores y de los espectadores en películas, como la serie *Matrix*, de los hermanos Wachowski, o *Inteligencia Artificial*, de Steven Spielberg.

La respuesta que tenemos a la pregunta de Searle acerca de nuestra ignorancia radical sobre si la persona o la máquina que se encuentra en el cuarto nos puede hacer creer equivocadamente que comprende el chino, es también negativa. Pero no por cuanto se pretenda negar que el pensamiento y la creatividad no incluyan la dimensión semántica sobre la base de las operaciones sintácticas, sino por cuanto Searle concibe la diferencia entre la competencia sintáctica y la competencia semántica como una diferencia de grado. Para mostrarlo de una manera brusca y a la vez incompleta por ahora: la persona o la máquina que tenemos en la habitación china lo único que requiere es de un contacto con el mundo en el que se encuentran y de tiempo cualificado para cruzar la frontera entre la competencia meramente sintáctica, con la cual Searle caracteriza por una parte a los computadores, y la competencia semántica, con la cual caracteriza por otra parte a las personas o a todos aquellos que tienen estados mentales internos, tales como pensamientos, percepciones, creencias, emociones, etc. Miremos con detalle estas dos circunstancias. Primero, la circunstancia del contacto con el mundo externo. Tanto la máquina universal de Turing, en cuanto abstracción, como también el cuarto chino de Searle, son cajas negras en las que los dispositivos y todo lo que se encuentra en el interior no tienen contacto con el exterior. Tanto la información de entrada como la de salida son manejadas asépticamente, y en muchos casos debe ser así. Pero también es cierto que hay una cantidad ingente de información, la que circula en el mundo de la vida, la cual tiene su razón de ser en la medida en que es información sobre algo. La información tiene significado, genera repulsa o atracción para los organismos en la medida de sus propios intereses existenciales. Todo organismo, por el hecho de estar vivo, tiene un contacto particular con el medio ambiente que varía significativamente de acuerdo con los intereses, expectativas, circunstancias de tiempo y lugar, por la misma presión de supervivencia y de competencia ejercida por otros individuos.

IV

A continuación, trataré de mostrar cómo la condición estipulada por Turing sobre la disponibilidad de tiempo que tienen a su favor la máquina y las personas en los cuartos del experimento mental podría eventualmente servir para romper la brecha entre sintaxis y semántica, sobre todo si se trata de una sucesión cualificada de tiempo. El contacto con la sintaxis durante lapsos largos de tiempo cualificado puede eventualmente abrir una ventana para la emergencia de la semántica, sin tener que aceptar diferencias de grado. Mucho tiempo cualificado en la manipulación de los signos sintácticos puede abrir una remota posibilidad para la comprensión y eventual manipulación semántica de los signos. En lo que sigue plantearé una alternativa para enten-



der lo que acabamos de mencionar como tiempo cualificado. De hecho, este planteamiento no es original mío y proviene de una disciplina muy diferente de la matemática, de la informática o de la filosofía. La propuesta proviene de la biología y está con nosotros desde 1859. También es muy probable que su autor ni siquiera hubiera reparado en la conexión que estamos estableciendo ahora entre las capacidades aparentemente diferentes entre máquinas y seres pensantes. Se trata de una implicación colateral de la teoría de la selección natural propuesta por Charles Darwin en su libro *El origen de las especies*. Uno de los aportes más significativos de esa teoría es que permite abordar y explicar el surgimiento y presencia de complejidad en la naturaleza, sin tener que apelar a instancias mentales o sobrenaturales de inteligencia. En otras palabras, el surgimiento de la creatividad y de las operaciones superiores de pensamiento, se puede explicar de manera naturalizada a partir del mejoramiento gradual, pero sostenido a lo largo del tiempo, de procesos mecánicos menos complejos. De los organismos que eventualmente manipulan un lenguaje en su dimensión sintáctica, pueden eventualmente surgir organismos capaces de manipulación semántica, sin necesidad de suponer la intervención de un principio diferente de explicación que el de la selección natural. Tampoco se hace necesario suponer un hiato entre la competencia sintáctica y la semántica.

Para ambientar la forma como se planteaban las dificultades para comprender el surgimiento de la complejidad en el mundo de la vida, vale la pena recordar cómo se abordaba el problema antes de 1850. William Paley, un teólogo inglés de finales del siglo XVIII y comienzos del siglo XIX, sostenía que era imposible pensar “que varias piezas de acero se junten al azar para componer un reloj”.⁵ De esta manera, se sigue también que si alguien se encuentra un reloj en una playa aparentemente deshabitada, no puede menos que concluir que dicho artefacto fue hecho por alguien con la finalidad específica de servir para indicar la hora y el paso del tiempo. Ese hallazgo nos llevaría a pensar cómo ese objeto fue arrastrado hacia la orilla, pero nunca sería posible plantear la conclusión de que el reloj se organizó con base en la refinada interacción de las olas con la arena. Ése sería un tren de pensamiento completamente absurdo y por una razón muy sencilla: los artefactos se hacen con una finalidad que depende estrictamente de la voluntad del artesano que los confecciona o de quien patrocina dicho trabajo. La existencia de un reloj como artefacto producido por un relojero tiene su causa directa en la necesidad que tiene un posible usuario de medir el tiempo. Esa finalidad es la que permite al relojero diseñar un plan, presentar un modelo, usar ciertas herramientas y combinar ciertas partes para poder integrar en un aparato una manera de traducir fun-

5 Algunos de los argumentos planteados en este párrafo se encuentran en el texto de la conferencia titulada «Darwin y la imposibilidad de las causas finales en la biología», que tuve el honor de presentar en el Auditorio León de Greiff, de la Universidad Nacional de Colombia, el 23 de mayo de 2009, con ocasión de la celebración de los 200 años del nacimiento de Charles Darwin y de los 150 años de la publicación de *El origen de las especies*, Cátedra José Celestino Mutis: «Darwin, 200 años. Evolución, diversificación y ramificación permanente».

cionalmente para el usuario el paso incesante del tiempo. El razonamiento sugerido por el teólogo Paley es el fruto del razonamiento propio del sentido común y sistematizado por Aristóteles en su doctrina de las cuatro causas, en particular la causa final. Desde Aristóteles, todo diseño complejo y toda cosa que cumple una función tiene su origen en una mente capaz de organizar entre sí las partes de que está compuesta para cumplir la tarea asignada. Este razonamiento no sólo aplica para los objetos de diseño producidos por el ser humano, sino también para la complejidad presente en la naturaleza. De manera que si reconocemos que los ojos o las alas, cualquier planta o cualquier animal son objetos mucho más complejos de diseño que los artefactos como el reloj, por cuanto las partes configuran un todo integrado y cohesionado en función del propósito para el cual sirven, entonces, debemos aceptar, de acuerdo con Paley, que su diseño depende de un autor o de una mente más inteligente que la humana, y Dios fungía en ese papel de máximo diseñador de los objetos complejos de la naturaleza. Antes de Darwin era muy difícil explicar el surgimiento de la complejidad de un modo diferente al tener que apelar a la presencia de un autor inteligente y creativo detrás de la producción de obras y artefactos complejos y novedosos.⁶

Casi todos los pensadores, desde los griegos hasta nuestra época, incluso, hoy en día, 150 años después de Darwin, han dado una gran credibilidad al argumento según el cual las cosas complejas deben su existencia a mentes creativas capaces de diseñarlas. Aquí, por supuesto, no pretendo decir con la afirmación anterior que no exista creatividad ni genio creador. Por supuesto que tampoco se niega el ingenio que requiere un relojero en términos de tiempo dedicado a la investigación para que en la interacción de las ruedas dentadas se produzcan señales que los usuarios de un reloj de cuerda perciben como el paso de los segundos, de los minutos y de las horas. Tampoco se niega la voluntad creadora del artista que nos deleita con una obra que nos ofrece posibilidades remotamente predecibles para explicar su confección. *La flauta mágica* es la obra de un genio creador que quizá sólo pudo tener a Wolfgang Amadeus Mozart como su autor, en un tiempo, lugar y circunstancias irrepe-

6 Es notoria la excepción de David Hume, quien en sus *Diálogos sobre la religión natural* (parte v, p. 77) publicado de manera anónima en 1779, propone una alternativa de solución muy cercana a la variante sobre el paso del tiempo cualificado que acabamos de plantear y que anticipa en 80 años aspectos de la teoría de la selección natural de Darwin. En boca de Philo, el interlocutor escéptico de Cleantes, Hume dice: "Pero si fuera este mundo una producción perfecta, resulta completamente incierto, si toda la excelencia del trabajo es consecuencia de lo que hace el artesano. Si observamos con detalle un barco, tendríamos una idea exaltada del ingenio del carpintero que hizo una máquina tan compleja y a la vez tan funcional". Sin embargo, a esa consecuencia que con tanta facilidad nos ofrece el razonamiento del sentido común, se opone una alternativa, cuando Hume a continuación pregunta: "¿Cuál sería entonces nuestra sorpresa si nos encontramos con un mecánico estúpido que imita a otros y copia su arte el cual se mejora gradualmente después de una larga sucesión de épocas, después de muchos ensayos, errores, correcciones, deliberaciones y controversias? Muchos mundos habrían sido chapuceados y remendados durante tiempos eternos, antes que este sistema pudiera escogerse. Habría mucho trabajo perdido y se desarrollarían muchos ensayos infructuosos. Pero poco a poco, surgiría una mejoría continua sostenida durante épocas indefinidamente largas en el arte de hacer mundo". (El resultado final es mío y presenta lo que arriba hemos entendido como sucesión de tiempo cualificado. Traducción personal).



tibles. Tampoco quiero desvirtuar el ingenio requerido para producir con lentos y arduos procesos de creación, ciencia, avances tecnológicos, arte, literatura y ordenamientos jurídicos, por medio de los cuales los seres humanos puedan vivir con menor injusticia. Habiendo exaltado primero la fuerza y el ímpetu de la creatividad humana en esos logros de la cultura, me parece que es también la hora de regresar al mensaje implícito en la teoría de la selección natural de Darwin y entenderlo como un mecanismo para estipular la condición suficiente para afirmar que las máquinas sí pueden pensar y por lo tanto ser creativas. La condición necesaria para ello fue formulada por el mismo Turing: se dispone de tiempos enormes. La condición suficiente es que se requieren procesos de selección de información para entender lo que arriba mencionábamos como tiempo cualificado. De tal manera que si la máquina tiene un dispositivo para seleccionar respuestas y aprender de ellas, resulta entonces plausible que la máquina a lo largo del tiempo y la incorporación de un mecanismo de aprendizaje, pueda mejorar gradualmente sus respuestas y hacer que éstas sean cada vez menos estúpidas y por lo tanto más inteligentes y eventualmente más creativas.

No obstante, la aparente seguridad que nos brinda la conclusión que nos proporciona el sentido común cuando nos exige pensar en un autor inteligente cada vez que nos encontramos con una cosa compleja o creativa, es necesario indicar que desde Darwin disponemos de una manera alternativa de explicación. El mensaje de Darwin es que la complejidad presente en los seres vivos, desde los procariotas hasta los seres humanos, pasando por los organismos unicelulares hasta los primates, así como la generación de órganos altamente complejos, como los ojos o las alas, y finalmente la aparición de cultura y de lenguaje, en cuanto vehículo para la expresión, discusión y rechazo de las ideas, todas estas características no son sino consecuencia de procesos de selección a lo largo de los eones. El aporte de Darwin es significativo en dos direcciones. Por un lado, Darwin ofrece herramientas conceptuales para comprender las historias biológicas de algunos organismos como agentes activos y como vehículos para la puesta en marcha de los procesos de selección en la naturaleza. Por otro lado, nos muestra también cómo la misma selección natural es un proceso creativo de largo plazo que no supone nada mental, ni diseño previo, ni artesanos en acción, sino tan sólo consecuencias del cambio adaptativo en los organismos que compiten por la supervivencia.

Así como en la naturaleza es posible encontrar ejemplos de comportamientos rígidos en los cuales no importa cuántas veces se varíen las condiciones, también se dan ejemplos significativos de desviaciones sobre las cuales la naturaleza interviene con un resultado *a posteriori* muy interesante. Se trata de la consolidación de la variación gradual, y con ello de la creatividad. El estudio de este tipo de fenómenos puede ofrecer herramientas para la construcción de máquinas que piensan y que son creativas. Pero antes de examinar algunos ejemplos de variación conducente a la creatividad, miremos primero un ejemplo de comportamiento rígido en el que las respuestas del individuo son siempre las mismas a pesar de las variaciones significativas de las condiciones, las cuales claramente muestran el absurdo de la repetición mecánica del comportamiento.

¿Pueden ser creativas las máquinas?



THE
WAS
AS
AS

Recientemente, el filósofo norteamericano Douglas Hofstadter (1989: 360), ha mostrado cómo el comportamiento de la avispa excavadora (*Sphex ichneumoneus*) constituye un ejemplo biológico de conducta fijada de antemano por vía genética. Esta avispa se alimenta de otros insectos, particularmente de grillos, a los cuales no mata sino que paraliza con un narcótico para mantener 'frescos' los nutrientes durante un tiempo y poderlos consumir después en tiempo de escasez de alimento para sí mismas y las larvas. La avispa además encierra a los grillos inspeccionando previamente el nido donde serán depositadas las presas. Estas tareas exigen ya la puesta en marcha de un algoritmo complejo que pone en marcha el diminuto cerebro de estas avispas cada vez que apresan un grillo. Ahora bien, si un investigador se acerca al nido, mientras la avispa se encuentra en la tarea de inspección y trata de esconder la presa a unas pocas pulgadas de distancia el resultado es que la avispa, después de encontrar la presa, no procede a enterrar el grillo paralizado, sino que una y otra vez se dirige a inspeccionar el nido como si no tuviera registro alguno de haber hecho previamente esa tarea de inspección. No hay prueba de que se genere algún mecanismo de aprendizaje ni de memoria de corto plazo que le permita "saber" a la avispa que es objeto de un engaño y que el grillo ha sido retirado ante sus ojos. Un investigador ha repetido hasta 40 veces el ejercicio de tratar de hacerle trampa a la avispa, sin que la avispa detecte la variación (Hofstadter, 1989: 360). El comportamiento de la avispa en el proceso de enterramiento de la presa es tan rígido, que ni siquiera se percata de lo que ocurre ante sus ojos. Hemos traído a colación este comportamiento para mostrar que la naturaleza no cambia *ad libitum* sus parámetros de selección. La variación y la creatividad surgen como oportunidades que los organismos no desaprovechan. Los comportamientos rígidos son en parte consecuencia del hecho de que en la naturaleza no hay recursos ni energía suficiente para que los grillos y las demás presas de las avispas desaparezcan sin razón causal clara, después de que han sido colocados para ser enterrados. Desde el punto de vista biológico, dado que precisamente en la naturaleza las cosas no desaparecen sin razón alguna, es que el parámetro de respuesta de la avispa excavadora se encuentra tan arraigado en su comportamiento.

Así como encontramos escenarios propensos a comportamientos rígidos y por una buena razón natural, puesto que la repetición de respuestas permite al individuo reaccionar más rápido (lo cual es un ahorro de energía y una optimización de las posibilidades de supervivencia), hallamos también escenarios propensos a la apertura. En estos escenarios ha hecho carrera la diversidad de las especies, la multiplicidad de comportamientos para enfrentar la lucha por la supervivencia y la aparición de la creatividad. Así como los escenarios del primer tipo son escenarios de parámetro cerrado, pues no parece ser posible una modificación en la conducta, por más de que el proceso de engaño prácticamente se ejecute ante la vista de la avispa, hay otros escenarios de parámetro abierto. En estos escenarios se abre paso la generación de la diversidad biológica, la multiplicidad de estrategias de comportamiento para lograr la supervivencia y la creatividad. Brevemente me referiré a tres ejemplos dramáticos de creatividad

¿Pueden ser creativas las máquinas?

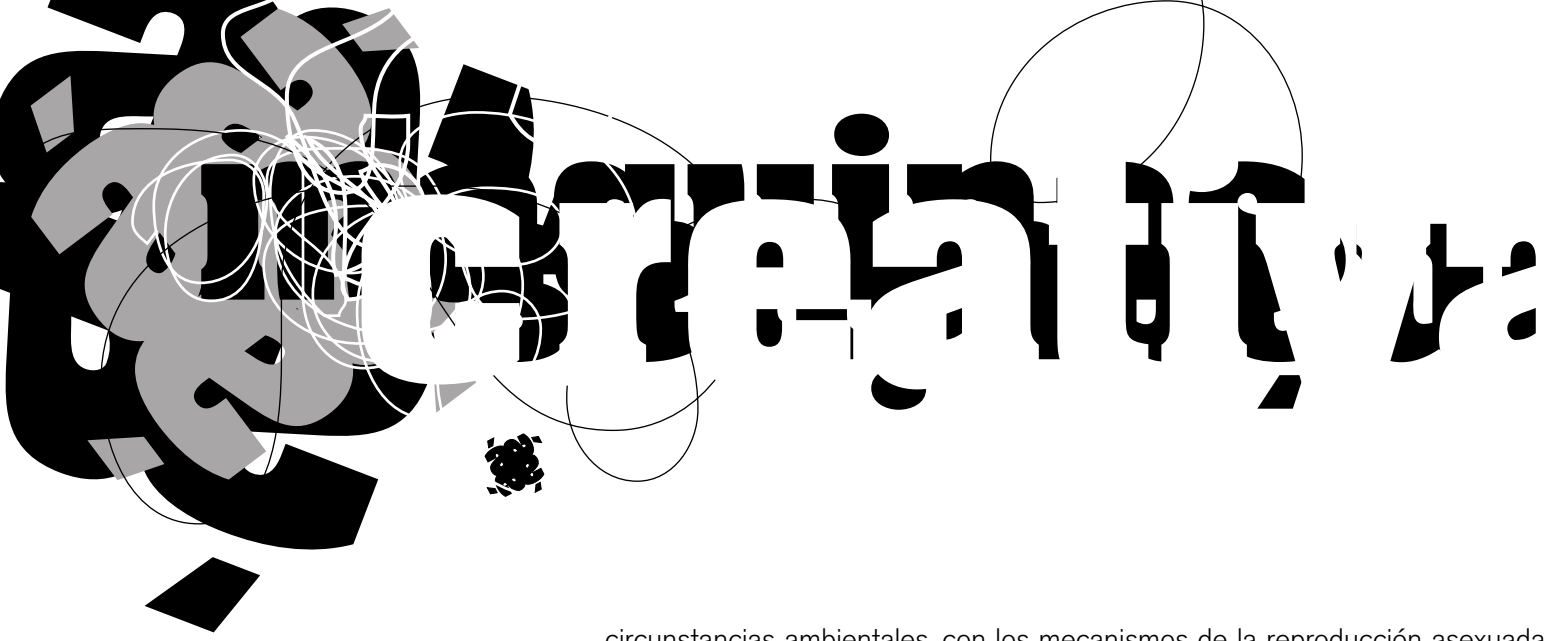
sa
e

en la naturaleza. La invención del sexo, la generación de los cerebros y la creación del lenguaje como vehículo del pensamiento abstracto y de la poesía, me parecen los ejemplos más notorios de creatividad en la naturaleza, como resultado de procesos mecánicos de selección.

Un primer ejemplo de creatividad en la naturaleza lo constituye la invención del sexo. Si damos por cierto que el origen de la vida en el planeta Tierra se remonta, de acuerdo con los registros empíricos de las teorías más recientes, a unos 3.500 millones de años atrás, con la aparición de los procariotas, y aceptamos también, de acuerdo con el material fósil, que los organismos multicelulares aparecieron hace tan sólo unos 700 millones de años, podemos suponer que en ese época la diversidad entre organismos era limitada y exigua, por cuanto el mecanismo más frecuente de reproducción consistía en la réplica de la información por vía de partición. En este tipo de reproducción, el progenitor transmite a su descendencia casi la totalidad de su información genética. Hoy sabemos que la fidelidad de los mecanismos de transmisión y decodificación de la información genética es muy alta, y en consecuencia la cuota de variación entre los organismos de la descendencia resulta mínima y las diferencias externas entre ellos son insignificantes. Lo anterior significa que las diferencias entre los organismos que habitaron el planeta en los albores de la vida, durante ese lapso de más de 2.000 millones de años se explican, bien sea por aislamiento geográfico, bien sea por la intervención física, por ejemplo, de fuerzas o radiaciones inesperadas, en el proceso de codificación genética que se presenta en la gestación de un nuevo organismo. Una revolución sin precedentes se puso en marcha con la aparición de la reproducción sexual, según la cual la información genética de los progenitores pasa a la descendencia con una tasa del 50% de la información genética individual. Aunque la reproducción sexual es el mecanismo más frecuente de reproducción en los organismos multicelulares, algunos de estos organismos, como ciertos protozoos y algunas clases de algas la alternan, dependiendo de

¿Pueden ser creativas las máquinas?

b



¿Pueden ser creativas las máquinas?

circunstancias ambientales, con los mecanismos de la reproducción asexual. El mecanismo de reproducción sexual reporta mayores posibilidades de supervivencia, en la medida en que las diferencias que muestran los individuos pueden generar diferencias competitivas notables. Gracias al sexo se generan diferencias genotípicas visibles desde la primera generación. En ese flujo de apertura a la novedad observable en los mecanismos de transmisión de la herencia de una generación a otra, sumado a los otros factores de la selección, es posible entender la gran diversidad de seres vivos que habitan y que han habitado nuestro planeta, en particular en los últimos 700 millones de años. Casi todos los seres vivos macroscópicos que conocemos en la actualidad, desde las plantas hasta los mamíferos, incluyendo los insectos, así como muchos tipos de hongos y de algas,⁷ son el ejemplo de diversidad y variedad que tiene como causa principal la reproducción por vía sexual.

Un segundo ejemplo de creatividad en la historia de los seres vivos está constituido por la aparición de cerebros. Este invento biológico resulta imposible fecharlo antes de la aparición de los seres multicelulares; por lo tanto no pudo haber ocurrido más atrás en el tiempo que 700 millones de años, y sólo mucho después de la invención del sexo. Una prueba de que los cerebros no son de por sí necesarios para la supervivencia es que los organismos unicelulares y las plantas no los requieren y quizá ocupan cuantitativamente más porcentaje de la biósfera que el resto de los seres vivos con cerebros o con algún tipo de equivalente funcional. El cerebro se encuentra en aquellos seres vivos cuya estrategia de supervivencia depende del movimiento como actividad propia. El cerebro es, entonces, un mecanismo para controlar el movimiento y con ello anticipar las acciones futuras del cuerpo en general. El control del movimiento ofrece enormes ventajas a la hora de evitar un predador, de buscar alimento, pareja o escondite. Estas funciones de los cerebros son comunes, *salva veritate*, para la ascidia, cuyo mecanismo cerebral se limita a unas pocas neuronas, como para los seres humanos, quienes en una masa gris de aproximadamente 1.500 centímetros cúbicos albergamos más o menos la respetable cantidad de 100.000 millones de neuronas finamente conectadas entre sí.

7 Menciono estos organismos como ejemplo del gradualismo con que opera la selección natural, pues algunas especies de estos seres vivos se reproducen unas veces por vía sexual y otras no, dependiendo de las condiciones medioambientales altamente variables. Para una ampliación de la reproducción sexual como mecanismo que contribuye a la diversidad de especies, véase el texto clásico del biólogo John Maynard Smith (1978) sobre la evolución del sexo.

El tercer ejemplo de creatividad en la historia natural de los seres vivos se acerca de una manera excluyente a nuestra especie. Se trata del lenguaje abstracto y de la cultura. Estos inventos parecen estar acompañados del invento del fuego y de la habilidad para producir herramientas.⁸ Aunque existe consenso sobre la idea de que estas tres dimensiones de la cultura humana van de la mano con las modificaciones biológicas de la expansión craneana y el bipedalismo, no son claras las fechas para identificar el surgimiento del lenguaje. El rango oscila entre doscientos mil y un millón de años atrás. Si tomamos en consideración la última fecha, resulta claro que el lenguaje, con sus matices protocommunicativos, encaminados ya a favorecer con posterioridad el pensamiento abstracto, estamos hablando entonces de una característica que surgió por lo menos seis millones de años después de haberse separado la rama evolutiva de nuestros parientes más cercanos, los chimpancés. Esa circunstancia explicaría por qué la línea filogenética de los seres humanos muestra diferencias tan radicales con respecto a los chimpancés, con quienes compartimos, según los estimativos más recientes, un 99% de la estructura genética.

Con base en la breve mención de estos tres ejemplos, parece que tenemos razones para responder afirmativamente la pregunta acerca de si las máquinas son creativas y si pueden pensar. La dramática enseñanza de Darwin es que tanto los animales como los seres humanos somos máquinas. Independiente del grado de complejidad exhibido por los organismos vivos, desde las amebas hasta los seres humanos con el lenguaje y las instituciones de la cultura exclusivas de nuestra especie, somos el resultado de procesos estrictamente mecánicos de selección efectuados a lo largo de millones de años. Si bien algunos seres vivos exhiben comportamientos rígidos, como los que identificamos antes de la avispa excavadora, hay otras especies que exhiben comportamientos de parámetro abierto, a partir de los cuales pudo construirse gradualmente en virtud de los mecanismos de selección natural una diversidad creciente y elementos tan sofisticados como el pensamiento abstracto y el lenguaje, que sólo son características de la especie humana y que han permitido el surgimiento de sistemas que, como la cultura, no dependen de leyes biológicas exclusivamente, sino que generan sus propios ámbitos y reglas, como las ciencias, las artes o los sistemas políticos. Tan sofisticada y compleja es la característica del lenguaje abstracto, que los seres humanos estuvimos convencidos durante más de tres milenios de que éramos muy diferentes en constitución, no sólo cuando nos comparábamos con el resto de los seres vivos, sino cuando lo hacíamos con los artefactos. Casi todas las cosmogonías, la mayoría de las religiones y buena parte de las tradiciones filosóficas se han encargado de enaltecer la posición del ser humano con un estatus que lo hace diferente del resto de los seres animados y, por supuesto,

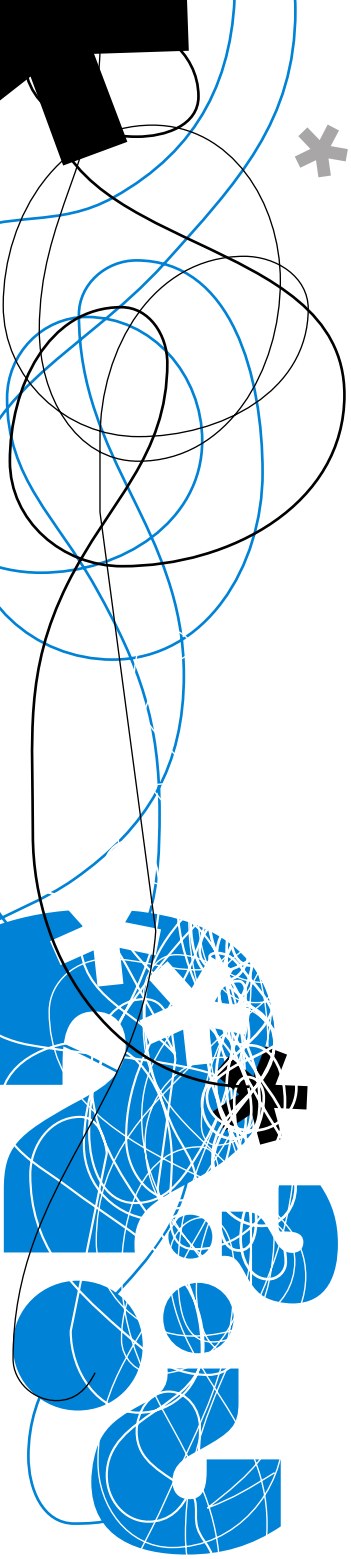
8 Recientemente, el antropólogo Steven Mithen (2006) sostiene que, además de los factores recién mencionados, como son la convolución entre expansión cerebral, cultura e inteligencia social, habilidad para producir herramientas, manipular el fuego y el lenguaje con apertura al pensamiento abstracto, es necesario incluir otro factor que despliega nuestro desarrollo emocional: la invención de música y la danza.

también de los seres inanimados. Sin embargo, con los aportes de Darwin y con los avances de la informática y de la neurociencia, cada vez parece quedar más claro que los seres humanos somos máquinas tremendamente sofisticadas y complejas, con la asombrosa capacidad lingüística y cultural para auto-proclamarnos como “personas” y con la competencia para organizar sistemas jurídicos que reconocen ese derecho.

Pero regresemos a la distinción entre comportamiento de parámetro cerrado y parámetro abierto. Si observamos el comportamiento ciego y rígido de la avispa excavadora, confirmamos que ellas quizá sí se parezcan más en su estructura de respuesta a nuestra noción del sentido común cuando pensamos en una máquina. Pero al lado de estos comportamientos, que podríamos llamar de parámetro cerrado, cuya utilidad biológica resulta incuestionable, dada la estabilidad de ciertas características del medio ambiente a las cuales se ha adaptado finamente el organismo en cuestión, también existen otros comportamientos, que podríamos denominar de parámetro abierto, y que le permiten a otros seres vivos la posibilidad gradual de innovar. Esta superación de los parámetros rígidos de comportamiento se constituye también en un elemento que impulsa la producción de novedad. Mientras las máquinas y computadores que conocemos en la actualidad exhiben comportamientos de parámetro rígido, como el de la avispa excavadora, es claro que hay otros organismos (aquí la cuestión de si los llamamos máquinas o no es irrelevante por completo), que exhiben comportamientos de parámetro abierto. ¿Cómo construir entonces máquinas que funcionen con parámetros de comportamiento abierto? A esta pregunta está dedicada la parte final de este ensayo.

V Gerald Edelman recibió el premio Nobel de medicina por sus aportes y descubrimientos sobre la estructura molecular de los anticuerpos y del sistema inmune. Sin embargo, su nombre se asocia más frecuentemente con su contribución a la mejor comprensión del cerebro. El núcleo de la teoría de Edelman es concebir la actividad de las neuronas en el cerebro como un mecanismo de selección de información. Por esta razón, su teoría se conoce con el nombre de darwinismo neuronal. La forma como se configuran las conexiones entre neuronas conlleva una enorme variedad. Aquellas neuronas que se disparan con simultaneidad tienden a conectarse entre sí, y de esta manera, cuando se repite un nuevo disparo de ellas, tiende a presentarse la resonancia excitatoria de la otra neurona. El segundo elemento de la teoría de Edelman es entender el cerebro como un órgano encarnado y en estrecha relación con un determinado nicho ambiental. El tercer elemento es que el cerebro tiene un mecanismo de retroalimentación entre las partes, en este caso las neuronas, que le permite guardar selectivamente información procesada exitosamente (*neuronal feedback*).

En años recientes, Edelman ha estado vinculado también con proyectos de investigación en los que se buscan maneras de simular los procesos cerebrales por medio de máquinas. En otras palabras, se trata de construir



máquinas que de una manera u otra simulen las funciones de un cerebro en un animal que exhibe comportamientos autónomos y de parámetro abierto, como son los comportamientos de muchos de los animales que poseen los cerebros más sofisticados de la naturaleza. Para comprender mejor este punto, me parece conveniente regresar a la máquina universal de Turing. Precisamente por cuanto estas máquinas constituyen la concreción de abstracciones matemáticas para la manipulación de signos, no requieren ningún tipo de conexión con el mundo exterior. Por el contrario, la condición básica de existencia de los seres vivos está dada por su conexión con el mundo exterior. Este contacto lo hacen con el propio cuerpo. Hay tantas maneras de estar en el mundo, como seres vivos conocemos. Los seres vivos cuyos cerebros muestran autonomía y exhiben comportamientos de parámetro abierto, no sólo están en el mundo, sino que además muchos de ellos, con su comportamiento, están en condiciones de cambiarlo, lo cual hace que su relación con el medio ambiente sea activa. No así con los computadores. Estos aparatos requieren para funcionar que la información de entrada (*input*) se encuentre claramente definida y parametrizada. Así las cosas, la utilidad de una calculadora de bolsillo depende de que las cantidades que van a multiplicarse puedan introducirse con claridad. En contraste con las máquinas universales de Turing y con las máquinas concretas que se construyen bajo ese principio, los cerebros capturan información de acuerdo con los intereses biológicos y/o culturales de sus poseedores y de acuerdo con ciertas propiedades específicas de los nichos ambientales y de las circunstancias sociales en donde transcurre su existencia. Ésta es, según Edelman, la diferencia entre los computadores actuales y los cerebros. Por lo tanto, si se quiere avanzar en el diseño de cerebros artificiales, debería seguirse el ejemplo de cómo estos órganos evolucionaron a lo largo de por lo menos los últimos 600 millones de años. Este ejercicio de simulación puede partir de dos componentes: por un lado, cómo generar en la máquina una sensación de encarnamiento y, por el otro, cómo lograr que en esa interacción con el medio ambiente se genere en el mecanismo una mejora en el comportamiento de respuesta.

Si recordamos que el comportamiento de un ser vivo controlado por el cerebro tiende por lo general a convertirse en patrón de comportamiento en virtud de su repetición, y que la reincidencia en un comportamiento tiene como tendencia, de acuerdo con la teoría de Edelman, un fortalecimiento de las redes neuronales que lo ejecutan, aumentando así la conectividad sináptica de la anatomía cerebral, es posible entender que la experiencia concreta de un animal con su cuerpo y su entorno tiende a fortalecer las conexiones sinápticas de las cuales depende cualquier comportamiento futuro de ese animal. En términos generales, este proceso de selección neuronal activa rutas de conexiones entre zonas del cerebro haciendo más fluido y expedito el comportamiento del individuo. Si finalmente, se añade un mecanismo capaz de simular procesos de retroalimentación entre neuronas (tercera característica de la teoría neuronal de Edelman), según la cual en todo momento la información se envía y se recibe entre las diferentes zonas del cerebro por medio de conexiones sinápticas que parecieran canales de información distribuidos en paralelo y con un alto grado

¿Pueden ser creativas las máquinas?



¿Pueden ser creativas las máquinas?

de redundancia informática, entonces es posible que esa máquina tenga posibilidades de aprender a partir de sus comportamientos iniciales y de las mejoras que sea capaz de incorporar. La retroalimentación neuronal funge como mecanismo para establecer la síntesis de información procedente de diferentes fuentes sensoriales, pero que el sujeto percibe como propias de un único objeto percibido.

Edelman y los investigadores asociados han avanzado con la propuesta de diseñar un aparato que cumpla con los tres requerimientos básicos de la teoría del darwinismo neuronal: el cerebro es un mecanismo de selección de información, el cerebro es un órgano encarnado y en estrecha relación con unas condiciones ambientales dadas, y finalmente, es un mecanismo de retroalimentación neuronal, que permite la síntesis de información y el aprendizaje. Si se logra diseñar una máquina que cumpla con esas condiciones, tendríamos posiblemente una máquina que puede ser catalogada como un cerebro, y por lo tanto, como una máquina eventualmente capaz de procesos creativos. Esta propuesta no es un mero ejercicio mental, puesto que los primeros ejemplares ya están en el mundo real. El Instituto de Neurociencia, ubicado en La Jolla (California) y presidido por el mismo Edelman, ha desarrollado varios prototipos de aparatos que exhiben las tareas más simples de los cerebros. En concordancia con la teoría del darwinismo neuronal, estos aparatos tienen un mecanismo para seleccionar la información de entrada relevante para el aparato. A diferencia de los computadores digitales, de los termostatos, de las alarmas de seguridad o de las calculadoras de bolsillo, estas máquinas se encuentran en el mundo para resolver un problema sobre el cual no han sido instruidos previamente. No son, como decíamos antes, cajas negras a las que se puede formular cualquier pregunta relacionada con las funciones para las cuales fue diseñado dicho aparato, sino artefactos que en su interacción con las características del mundo en que se encuentran, empiezan a navegar en él con solvencia creciente.



Figura 3. NOMAD (Neurally Organized Mobile Device). Los obstáculos representados aquí por cubos negros en cuya superficie se detectan parámetros visuales de diferentes formas pintadas en color blanco, como rayas, rombos y círculos, permiten al aparato hacer una selección para facilitar el desplazamiento por la habitación (tomado de Edelman, 2006: 132).

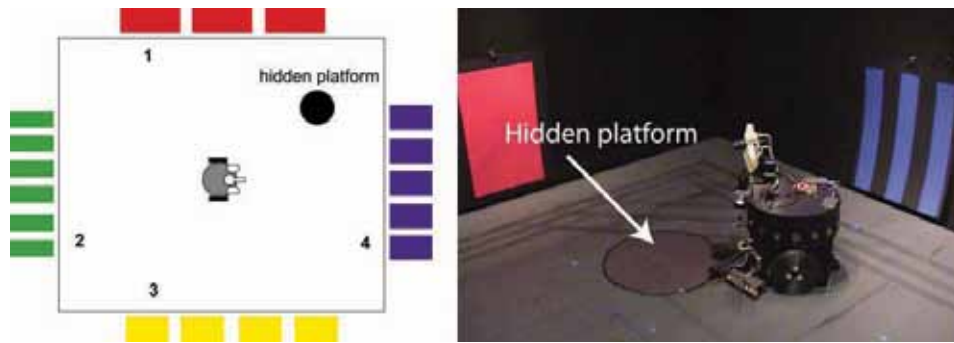
La carcasa y la plataforma dispuesta para el desplazamiento, y sobre la cual se encuentran montados sus componentes, constituyen de alguna manera su dimensión encarnada o su cuerpo. Dichos aparatos se encuentran también en un nicho ambiental con unas características muy concretas, que se hacen patentes no por vía de especificación en el lenguaje previamente codificado por el programador del software, sino por vía de interacción gradual con las características del medio que suponen para el aparato algún grado de sentido. Estas máquinas navegan el entorno en el que se encuentran detectando las características y diferencias de los objetos que allí se encuentran para generar respuestas de posibles acciones futuras cuya estructura no procede por instrucción y seguimiento de información programada externamente con anterioridad, sino más bien por selección de la información encontrada en cada momento de la acción. Finalmente, algunas de las versiones más recientes de estos aparatos cuentan con un mecanismo interconectado de retroalimentación de la información obtenida por diferentes vías sensoriales. El mecanismo de retroalimentación informática es el tercer elemento de la teoría del darwinismo neuronal, y gracias a este mecanismo es que los cerebros logran establecer una síntesis significativa de la información sensorial proveniente de diversas fuentes e integrarla en la percepción coherente de un objeto o de un proceso.

Aun cuando están lejos de exhibir un comportamiento consciente, estos aparatos del mundo real son capaces de percepción categorial, de aprender y de condicionamiento sin instrucción previa. Estos aparatos están en su etapa inicial, pero muestran ya un cierto grado de memoria episódica, la cual es una característica de las funciones del hipocampo, y como resultado, pueden ubicarse ellos mismos con autonomía y encontrar determinados objetivos en una escena del mundo real (Edelman, 2006: 128; traducción personal).

Estas máquinas, llamadas BBD por sus siglas en inglés (*Brain Based Devices*), tienen en común con los cerebros el hecho de que operan, a diferencia de los computadores digitales y de la máquina universal de Turing, con problemas del contexto en el mundo real. Mientras que la funcionalidad del computador digital depende de las instrucciones previas que se han codificado en el hardware y en el software, los cuales son completamente indiferentes y neutros en su relación con las tareas que pueden estar en condiciones de ejecutar, en estos BBD, al igual que en los cerebros de los seres vivos, el principio inicial de funcionamiento está señalado precisamente por la pérdida de la neutralidad establecida por un contacto perceptivo particular y específico que establecen con el mundo de acuerdo con unos intereses. Por esta razón, la dimensión encarnada o la posesión de un cuerpo, así sea una plataforma móvil para desplazarse, es un requisito indispensable. No tanto por cuanto el cerebro sea un piloto que se le instala a una nave, sino por cuanto el cuerpo en su totalidad, con sus mecanismos de percepción y de desplazamiento, es la instancia de mediación y contacto con el mundo. Así pues, resulta claro el puente de contacto con las investigaciones propias de la neurociencia, para poder

¿Pueden ser creativas las máquinas?

¿Pueden ser creativas las máquinas?



Versión Darwin x.

extrapolar los conocimientos acerca de los cerebros de los seres vivos con los conocimientos de los proyectos relacionados con la inteligencia artificial.

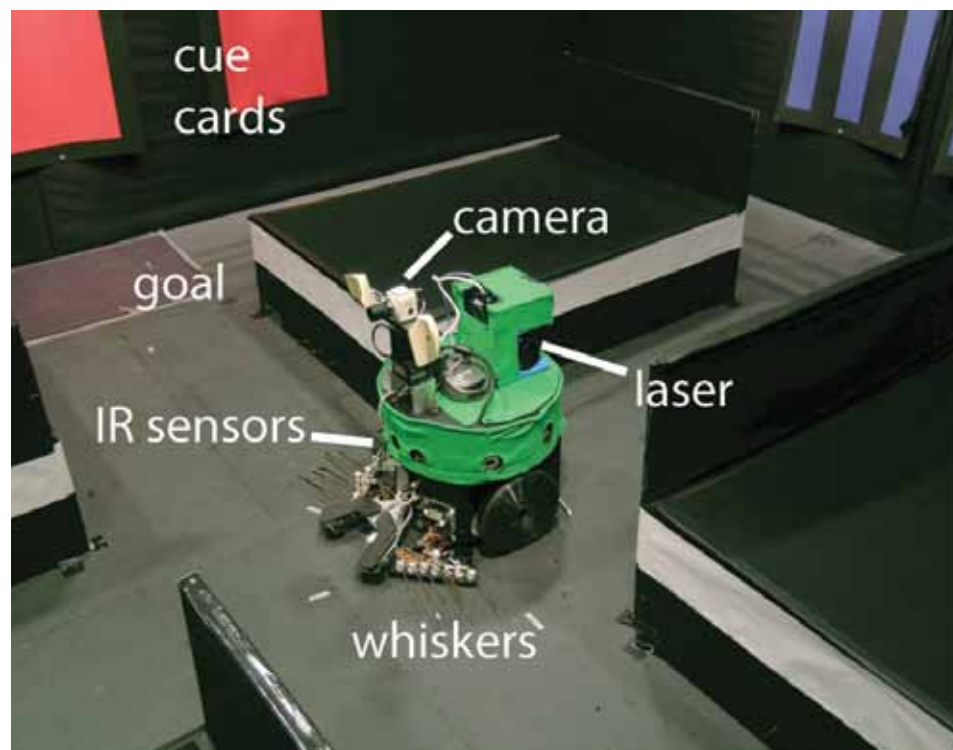
Desde 1994 Edelman y sus colaboradores del Instituto de Neurociencia han logrado diseñar y poner en funcionamiento varios BBD que han sido llamados "Darwin".

Los cerebros de estos aparatos son simulados por un dispositivo computacional. Las respuestas cerebrales son transmitidas por conexiones inalámbricas al cuerpo o "fenotipo" del aparato comportamental, denominado NOMAD (*Neurally Organized Mobile Adaptive Device*). El fenotipo actual puede modificarse hasta incluir una variedad de sensores montados sobre una plataforma con ruedas, capaz de explorar un ambiente con características variables. La mayoría de las plataformas NOMAD tienen ajustada al aparato una cámara para la visión, dos micrófonos incorporados en la estructura para oír, unas abrazaderas para agarrar bloques que tienen en su parte superior patrones visuales diferentes, y en algunos casos, tienen unas protuberancias como cepillos y bigotes para poder distinguir superficies con diferentes grados de rugosidad. Los ambientes en los que actúan los diferentes prototipos Darwin son habitaciones en algunos casos de 10 a 12 pies de ancho y hasta 20 pies de largo con un piso de color negro y cerramientos iluminados desde arriba. En esta clase de ambientes, las plataformas NOMAD se desplazan con autonomía siguiendo trayectorias que responden a señales visuales, auditivas y táctiles (Edelman, 2006: 133; traducción personal).

Debemos recordar en todo momento que estas máquinas no están programadas para desarrollar una tarea específica, tal como lo hacen todos los computadores y la gran mayoría de los robots de la actualidad. Los BBD están arrojados en el cuarto y cuentan un primer aliciente por medio del cual inician la exploración del entorno espacial en que se encuentran.⁹ Cuando empiezan a funcionar las agarraderas táctiles con cepillos y bigotes, éstas empiezan a categorizar los objetos por su forma y por las características que tienen en su superficie. Esta categorización puede responder a parámetros arbitrarios, pero de esta manera el aparato autogenera un reflejo condicionado según el cual puede rechazar unos objetos de la categoría A, por ejemplo, los cubos que se encuentran en el piso con los cuatro círculos en blanco, y seleccionar otros

9 El ambiente de laboratorio en que se encuentran los BBD no tiene la hostilidad del mundo real ni las inclemencias del clima, pero ofrece un ambiente para la autorrealización.

objetos de la categoría B, los cubos con los cuatro listones blancos (ver figura 3). Si adicionalmente, los bloques de la categoría A emiten una señal auditiva determinada, entonces la máquina está en condiciones de asociar positivamente las dos informaciones y sólo con oír dicha información, el comportamiento es el de un rechazo de los objetos de la categoría A. Los investigadores pueden, de acuerdo con Edelman, rastrear la totalidad de los registros en las operaciones efectuadas por el aparato, y se ha encontrado que las máquinas desarrollan comportamientos de selección de objetos siguiendo un parámetro u otro, pero los trayectos y rutas para establecer dichos comportamientos son diferentes entre el sistema de control de un aparato y otro.



¿Pueden ser creativas las máquinas?

Figura 4. NOMAD (Neurally Organized Mobile Adaptative Device). Versión Darwin xi.¹⁰ En las paredes de la habitación son visibles indicadores con información sobre las características del espacio.

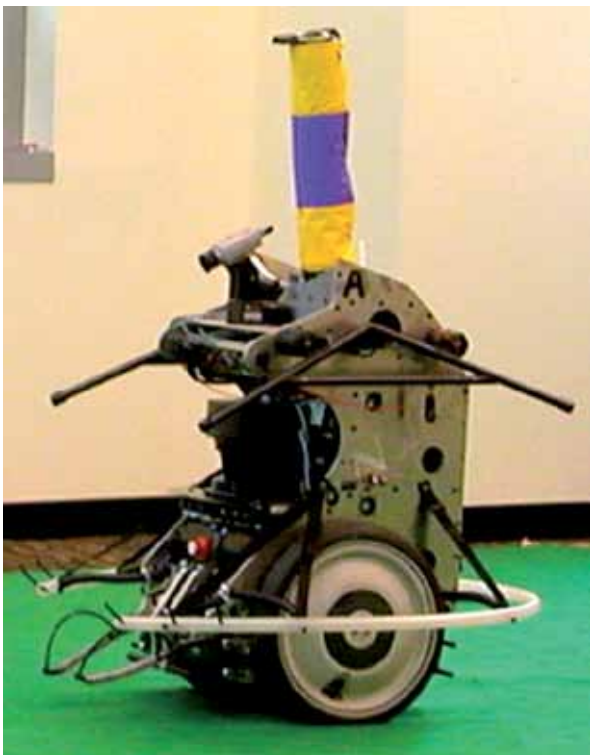
Mientras que los aparatos de la generación del llamado Darwin vii sólo cuentan con el mecanismo básico de percepción visual, auditiva y táctil que acabamos de describir y con la posibilidad de interconectar información procedente de varios sentidos para coordinar y ejecutar un tipo elemental de respuesta condicionada, las máquinas de la generación Darwin viii y posteriores, como el Darwin xi, el cual vemos en la figura 4, tienen un dispositivo adicional. Se trata del mecanismo de retroalimentación. “La presencia de conexiones de retroalimentación de largo alcance permiten al aparato distinguir entre múltiples objetos potencialmente confusos de diferentes colores y formas.

10 Imágenes tomadas de <http://vesicle.nsi.edu/nomad/darwinxi.html> Acceso: junio 12 de 2009.

Confrontado con cuadrados verdes y con rombos rojos de un mismo tamaño en una pared y con cuadrados verdes y rojos en la otra pared, el aparato está en condiciones de escoger selectivamente los cuadrados verdes de cualquier pared, sobre la base de haber recibido antes una señal auditiva positiva que acompañaba la visión de un cuadrado verde" (Edelman, 2006: 136). La incorporación de un mecanismo de retroalimentación informático y sensorial permite resolver un problema muy complejo de la dinámica cerebral. Se trata de la conexión y síntesis de información en una totalidad más amplia que las partes discretas de la información obtenida por vías sensoriales diferentes. La versión Darwin x incorpora otra función básica de nuestros cerebros, y es la memoria episódica, de la cual es responsable el hipocampo. La memoria episódica nos permite resolver un problema apelando a los resultados negativos o positivos obtenidos en las experiencias previas. Con este mecanismo se genera un ahorro de energía, por cuanto no es necesario volver a empezar con la tarea a la que se enfrenta el organismo, sino que éste puede apelar a una respuesta ya memorizada e incorporada y por lo tanto lista para su ejecución. Basta con que el cerebro ponga en marcha el procedimiento y recuerde con rapidez el esquema operativo según el cual se llega a la solución de la tarea impuesta. En todo caso, el tiempo de recuerdo sobre el procedimiento de una tarea aprendida es mucho menor que el tiempo requerido para solucionar el problema. Este tipo de memoria episódica no está en el cerebro de la avispa excavadora, como podemos inferir a partir de la observación de su comportamiento repetido y rígido en el ritual de enterrar un grillo. El dispositivo de memoria episódica, el cual constatamos antes que no tiene la avispa excavadora, permite anticipar los detalles de una acción sin tener que regresar cada vez a la etapa de confrontación directa con el mundo. Gracias a la presencia de ese mecanismo cerebral es que un ratón sí puede escapar con facilidad de un entorno con forma de laberinto. La presentificación de la experiencia anterior es una manera más económica en términos de ahorro de energía para resolver una tarea específica. En la figura 4 a la derecha podemos ver una de las versiones más recientes (Darwin xi) navegando en un espacio complejo.

Recientemente ha aparecido otra generación de aparatos BBD, los cuales tienen una capacidad elemental para interactuar con otros individuos de su especie y establecer con ellos labores de equipo, por medio de un reconocimiento de características visuales comunes, y labores de oposición, por medio de la identificación de características diferenciadoras. En el caso de la figura 5 vemos dos aparatos Segway Cerebellum BBD y dos plataformas Segway sin BBD sobre las que se encuentran seres humanos para jugar un partido de fútbol entre cuatro. Aquí cada máquina es capaz de identificar por medio de la columna de bandas de color amarillo, violeta, amarillo, al otro como miembro de un equipo y poder compartir la consecución de objetivos comunes. La información visual de las máquinas con columnas de color aguamarina, rosado, aguamarina, permite identificar a los contrincantes, los cuales tienen otros objetivos en el campo de juego y deben ser obstruidos en sus desplazamientos para evitar que consigan sus propósitos. El aprendizaje de tareas motoras

en permanente proceso de variación y el control adaptativo de situaciones novedosas es posible en los seres vivos gracias al cerebelo, cuya función es sustituir un comportamiento de reflejo por reglas de aprendizaje más sofisticadas. El aparato *vvd* aprende qué tipo de parámetros visuales permiten elaborar algunas predicciones de comportamientos y cómo usar esa experiencia en el momento de actuar. Durante el aprendizaje, el aparato debe calibrar y adaptar velocidades diferentes de aproximación no sólo a objetos móviles que persiguen sus mismos propósitos, sino también a objetos móviles que actúan como opositores (cfr. <http://www.pnas.org/content/103/9/3387.full.pdf+html>).



¿Pueden ser creativas las máquinas?

Figura 5. Segway Cerebellum *vvd*. Aparato capaz de reconocer a otros como miembro del equipo o como contrincante en un juego de fútbol.¹¹

La experimentación con este tipo de artefactos abre un panorama diferente a los retos de los programas de investigación en inteligencia artificial y de la neurociencia. Pero también nos abre nuevas perspectivas para abordar los fenómenos relacionados con la creatividad. Por un lado, es posible obtener comportamientos de máquina que no son respuesta previsible a una secuencia de algoritmos programada con anticipación. De manera muy parecida a como debió ocurrir en algún momento de la historia evolutiva en la Tierra, los cerebros y los organismos que los poseían se organizan en función de respuestas con autonomía creciente para establecer un contacto con el mundo y permitirle al cuerpo del organismo, que tiene ese mecanismo de control de movimiento con base en una información perceptiva dada, resolver, sin nece-

¹¹ Imagen tomada de <http://vesicle.nsi.edu/nomad/cerebellum.html> Acceso: junio 12 de 2009.

sidad de ejecutar automáticamente respuestas de parámetro rígido y cerrado, tareas en el nicho ambiental que ocupa. Por otro lado, se derrumba la idea muy arraigada en los círculos de la neurobiología acerca de que los cerebros pueden construirse siempre y cuando se utilicen los componentes biológicos a partir de los cuales están hechos los cerebros de los animales. Los cerebros pueden hacerse con otros materiales, siempre y cuando se cumpla con la condición de estar en contacto con el mundo en el cual habitan. Edelman concluye que “aun cuando estos aparatos no están vivos, pueden llevar a cabo tareas de condicionamiento, discriminación perceptiva y de memoria episódica de una forma tal que involucran dinámicas de circuito que se parecen a las observadas en los cerebros de los seres vivos” (Edelman, 2006: 139). Para llegar a niveles superiores de funcionalidad cerebral que permitan los estados de conciencia y de manipulación simbólica de signos en un lenguaje real, como ocurre con los seres humanos, el mismo Edelman reconoce que la tecnología actual está muy lejos de lograr el diseño y la producción efectiva de aparatos que sean equiparables a los seres humanos. Es de añadir que la llegada del lenguaje presupone la existencia de la intersubjetividad, y con ello la apertura de un mundo, cuyas reglas y horizonte trascienden la frontera de la biología. La invención de la cultura como el espacio del arte, la ciencia, la tecnología y todas las actividades que nos hacen humanos, supone unos retos muy serios para responder afirmativamente sobre si las máquinas pueden ser creativas o no. Pero, aun cuando hoy en día el proyecto de la inteligencia artificial no ofrezca resultados del todo contundentes, en la medida en que un aparato de características similares a las exhibidas por el ser humano no existe en la actualidad, la enseñanza del darwinismo es, sin embargo, más que clara. La naturaleza es ingeniosa en su mecanismo de selección, favoreciendo como efecto colateral de la producción de la variedad, la generación imprevisible de la complejidad. Y esa enseñanza no parece tener límite cuando se trasladan parámetros biológicos a la producción de aparatos capaces de resolver sus problemas en el mundo. Entre la ameba y Einstein, para tomar prestada una analogía de Karl Popper, hay una línea ininterrumpida de ascenso de la complejidad de procesos completamente mecánicos hasta llegar a procesos de gran creatividad. Así las cosas, para responder a la pregunta acerca de cómo se introdujo la mayor complejidad y la creatividad en el mundo de la naturaleza, no es necesario apelar a fuerzas distintas que las de la misma selección natural.

Bibliografía

- DARWIN, Charles (1872). *The Origin of Species by Means of Natural Selection or the Preservation of favored Races in the Struggle of Life & The Descent of Man and Selection in Relation to Sex*. New York, The Modern Library.
- EDELMAN, Gerald. *Neural Darwinism. The Theory of Neuronal Group Selection*. Harper Collins (Basic Books), 1987.
- EDELMAN, Gerald. *Second Nature. Brain Science and Human Knowledge*. New Haven & London, Yale University Press, 2006.
- MCKINSTRY, Jeffrey L., Gerald M. EDELMAN & Jeffrey L. KRICHMAR (2005). «A cerebellar model for predictive motor control tested in a brain-based device». En: <http://www.pnas.org/content/103/9/3387.full.pdf+html> Acceso: junio 19 de 2009.
- HOFSTADTER, Douglas (1979). *Gödel, Escher and Bach. An Eternal Golden Braid. A Metaphorical Fugue on Minds and Machines in the Spirit of Lewis Carroll*. New York, Vintage Books, 1989.
- HOMERO. *Ilíada*. Trad. de Monserrat Casamada. Barcelona, Iberia (colección Obras Maestras), 1955.
- HUME, David (1779). *Dialogues Concerning Natural Religion*. London, Penguin, 1990.
- MAYNARD SMITH, John. *The Evolution of Sex*. Cambridge, Cambridge University Press, 1978.
- MITHEN, Steven. *The Singing Neanderthals. The Origins of Music, Language, Mind & Body*. Cambridge (Mass.), Harvard University Press, 2006.
- SEARLE, John (1980). «Minds, Brains and Programs». En *Behavioral and Brain Sciences* 3 (3): 417-457.
- _____. *Intentionality. An Essay in the Philosophy of Mind*. Cambridge University Press, 1983.
- _____. *The Rediscovery of Mind*. Cambridge, MIT Press, 1992.
- TURING, Alan (1950). «Maquinaria computadora e inteligencia. Controversia sobre mentes y máquinas». Edición de Alan Ross. Buenos Aires, Orbis / Hyspamerica, 1985. Inicialmente en *Mind* vol. LIX, 236.

¿Pueden ser creativas las máquinas?

Para destacar

¿Cómo entender que estos dispositivos mecánicos y orgánicos que están contruidos para funcionar de acuerdo con reglas gramaticales derivadas de la tarea particular que van a ejecutar y que operan con signos, puedan ser capaces de interactuar también en la dimensión semántica?

Para pensar y ser creativo se necesita no sólo tener la capacidad para manipular símbolos de acuerdo con procesos estrictamente sintácticos, sino que además es necesaria una cierta competencia en la comprensión acerca de los contenidos y significados a los cuales se refieren dichos procesos sintácticos.

El surgimiento de la creatividad y de las operaciones superiores de pensamiento, se puede explicar de manera naturalizada a partir del mejoramiento gradual, pero sostenido a lo largo del tiempo, de procesos mecánicos menos complejos.

La invención del sexo, la generación de los cerebros y la creación del lenguaje como vehículo del pensamiento abstracto y de la poesía, me parecen los ejemplos más notorios de creatividad en la naturaleza, como resultado de procesos mecánicos de selección.

La invención de la cultura como el espacio del arte, la ciencia, la tecnología y todas las actividades que nos hacen humanos, supone unos retos muy serios para responder afirmativamente sobre si las máquinas pueden ser creativas o no.

¿Pueden ser creativas las máquinas?

