

1000011010101001101001001011010010110101001101000011010101011010010
 1101010100110101011010000110101110101101000101011010010010110100001
 1010100110100001101010110100001101011010100011110

(IA: Inteligencia Artificial)

Thomas Hardy*

Letra	N° alfabeto	Binario	Binario Expandido
-------	-------------	---------	-------------------

I	= 8	= 1000	= 10000
N	= 14	= 1110	= 1010100
T	= 21	= 10101	= 10010010
E	= 5	= 101	= 10010
L	= 12	= 1100	= 10100
I	= 8	= 1000	= 10000
G	= 7	= 111	= 101010
E	= 5	= 101	= 10010
N	= 14	= 1110	= 1010100
C	= 3	= 11	= 1010
I	= 8	= 1000	= 10000
A	= 1	= 1	= 10

A	= 1	= 1	= 10
R	= 19	= 10011	= 10001010
T	= 21	= 10101	= 10010010
I	= 8	= 1000	= 10000
F	= 6	= 110	= 10100
I	= 8	= 1000	= 10000
C	= 3	= 11	= 1010
I	= 8	= 1000	= 10000
A	= 1	= 1	= 10
L	= 12	= 1100	= 101000

1	=	10
0	=	0
Separación entre cada letra	=	110
Espacio	=	1110
Stop	=	11110

* Licenciado en Matemáticas Puras de la Universidad de Montpellier, Francia y Director de la Escuela de Economía de la Universidad Bolivariana

Introducción

En esos momentos de contemplación, nos damos cuenta que estamos sumergidos en un mundo de máquinas. Máquinas no sólo de “carne y huesos”, sino que también acompañadas de sus respectivas “mentes”.

Despertadores, refrigeradores, tostadores, calefactores, ventiladores con termostato, exprimidores, televisores, equipos de música, microondas, celulares, videos, cámaras de todo tipo, cajeros automáticos, scanners, impresoras, autos, metros, aviones, naves, satélites, bases espaciales, sin contar todos los materiales de las áreas científicas tales como la medicina o ingenierías diversas, y por supuesto, el factor común: “el computador”, sea lo que pueda ser, el cómo funcione y sobre todo, sea lo que podría llegar a ser. Pero: ¿Qué son todas estas máquinas? o debería preguntarse ¿quiénes son todas estas máquinas?

¿Es el hombre el “creador” de todo este arsenal? ¿entiende sus creaciones? Tal vez el hombre sólo haya descubierto lo que “ya estaba allí” (Penrose 1989). Quizás Dios sólo haya descubierto al hombre ¿qué entiende Dios del hombre después de todo? puede que lo único haya creado el hombre sea Dios. Es decir ¿cuánto puede entender el hombre de sus creaciones, o sus descubrimientos, y por ende, de todas estas máquinas?

En todo caso, no hay porque alarmarse, puesto que por el momento se trata sólo de máquinas, aunque les otorguemos muy a menudo adjetivos calificativos propios del hombre. Sin embargo, esto de las mentes de las máquinas, asimilado a una cierta forma de vida, a suscitado gran interés en estas últimas décadas. Tal vez esto no sea más que asuntos de intelectuales conceptualizadores, formalizadores, y que al fin y al cabo, los computadores no sean nunca más de lo que piensan los consumidores comunes y corrientes: aparatos con los cuales uno se encariña (o se enerva) sólo porque nos son definitivamente muy útiles y porque nos acompañan en muchas tareas cotidianas.

A pesar de esto último, la cuestión de poder o no reproducir, incluso mejorar, la inteligencia humana por medio de artefactos, esconde más de algún tema de interés.

La misma noción de inteligencia es una noción ambigua y fuente de numerosas discordias filosóficas. ¿Qué es la inteligencia? ¿es una característica propia del hombre? ¿es la facultad de razonar, aquella de aprender y de usar un saber, o aquella de percibir y manipular objetos del mundo real? ¿cómo distinguir entre inteligencia e instinto? ¿cuál es la parte de lo innato y de lo adquirido?

Del libro, “*La nueva mente del emperador*”, del físico matemático Roger Penrose (premio Wolff con Stephen Hawking) y de un artículo del filósofo americano John R. Searl, publicado en la revista científica francesa, “*La Recherche*”, entre los más destacables, surgen varias de las preguntas más actualizadas y relevantes en materia de conceptos alrededor de la inteligencia artificial, y que son principalmente las siguientes:

¿Puede tener mente un computador?

¿Existen realmente las mentes?

Y si existen:

¿En qué medida dependen de las estructuras físicas a las que están asociadas?

¿Podrían existir (o existen) mentes independientemente de tales estructuras?

¿O son simplemente los modos de funcionar de (ciertos tipos apropiados) de estructuras físicas?

¿Es necesario que las estructuras relevantes sean de naturaleza biológica (cerebros) o podrían también estar asociadas con componentes electrónicos?

¿Dónde reside el hogar de nuestra conciencia?

¿Cómo los procesos neurobiológicos del cerebro causan el fenómeno de la conciencia?

¿En que consiste la búsqueda científica del alma?

Es en este sentido, que la ciencia llamada inteligencia artificial (IA, 1956), se ha dado por objetivo el estudio y el análisis del comportamiento humano. De esta manera, las aplicaciones de la IA se sitúan principalmente en la simulación de actividades intelectuales del hombre. Es decir, imitar por medio de máquinas, normalmente electrónicas, tantas actividades mentales como sea posible, y quizás llegar a mejorar las capacidades humanas en estos aspectos. El tema de la Inteligencia Artificial ha inclusive suscitado teorías según las cuales la relación del cuerpo al espíritu sería del orden de la relación del computador a sus programas.

La inteligencia artificial no se limita por lo tanto al sistema de datos de tipo numérico, como el de los computadores actuales. Su campo es mucho más extenso y se puede ilustrar a través de tres importantes puntos de vista:

- Aquellos que sostienen que es posible realizar “dispositivos realmente pensantes”, punto de vista llamado la *IA fuerte*,
- Otros que piensan que es posible simular estados mentales - sin ser estados mentales - de nuestro cerebro por medio de computadores, punto de vista llamado *IA débil*,
- y finalmente los “dualistas”, quienes dan por separada – muy en resumidas cuentas - la dimensión del cuerpo y del espíritu, y que de esa manera, existirán “juicios de verdad” a los cuales los computadores no tendrán nunca acceso.

La inteligencia artificial se ha transformado en una ciencia importante, sino fascinante, puesto que los temas que abarca atraen a una amplia variedad de disciplinas. Muchos matemáticos, físicos, biólogos y filósofos esencialmente, convergen hacia el problema del cerebro y la conciencia.

Este artículo tiene como objetivo hacer una presentación de los propósitos y problemas que plantea la IA y dar un esbozo de algunos de sus contenidos temáticos. Para estos efectos, transitaremos, lo más didácticamente posible, por varios ámbitos tales como las definiciones de la IA, su historia, el test y las máquinas de Turing, concepto-Padre de nuestros computadores de hoy, los algoritmos, algo de matemáticas, la cámara china de Searl, los mismos computadores, el cerebro, el sistema nervioso y la conciencia.

¿Alguien se acuerda? Recuento Histórico

1956: nacimiento

El término de Inteligencia Artificial (IA), aparece por primera vez en agosto de 1956 en el Colegio Dartmouth (EEUU), en la ocasión de una conferencia sobre la inteligencia de los computadores y donde se reunieron grandes científicos tales como J. McCarthy, M. Minsky, C. Shannon, A. Newell, y H. Simon.

1834: ancestro

El matemático Charles Babbage (1792-1871) define el concepto de máquina calculadora universal, ancestro del computador moderno y propone los planos.

1936: máquinas de Turing

El matemático inglés, Alan M. Turing (1912-1954) define una máquina abstracta, la “Máquina de Turing”, que sirve de base a la noción de algoritmo y a la definición de la clase de problemas decidibles. Turing dedicó lo principal de sus trabajos a la formalización de la teoría de los autómatas y a la noción de calculabilidad.

1943: primer computador

El catalizador que condujo al verdadero nacimiento de la IA fue la aparición del primer computador, el ENIAC: una máquina electrónica de programa grabado.

1950: test de Turing

Turing propone en un artículo clásico: "**Can a machine think?**", la definición de una experiencia que permitiría calificar a una máquina de inteligente. La experiencia consiste en que un computador y algún voluntario humano se oculten a la vista de algún (perspicaz) interrogador. Este último tiene que tratar de decidir cual de los dos es el computador y cual el ser humano mediante el simple procedimiento de plantear preguntas a cada uno de ellos. Si en el curso de una serie de tests semejantes la interrogadora es incapaz de identificar la naturaleza de su interlocutor, se considera que el computador ha superado la prueba.

1956: noción de listas

J. Mc Carthy se da la tarea de construir un lenguaje de programación adaptable a las necesidades de manipulación de conocimientos y de la reproducción de razonamientos basados en la noción de listas.

1959: General Problem Solver

Después de las investigaciones de A. Newell y H. Simón sobre los mecanismos de razonamiento, surge el **GPS: General Problem Solver**, basado en el principio del “análisis de los fines y de los medios”. El interés de GPS es el de haber sido el primero a formalizar el razonamiento humano. Su meta era investigar sobre la *actividad intelectual* y sobre los mecanismos puestos en juego durante la resolución de problemas, más que en la eficacia.

Años Sesenta: heurística

Los años sesenta marcan la verdadera puesta en marcha de la IA, con algunos resultados significativos: Enumeración inteligente de soluciones a través de reglas optativas o heurísticas (heurística: arte de inventar, P. Larousse, 1995).

1966: dificultades

Reconocimiento por parte de los investigadores, de la dificultad del reconocimiento de la palabra y de la traducción de las lenguas. Un trabajo de fondo deberá por lo tanto emprenderse sobre el análisis y la definición de las estructuras de lengua sobre la base de los trabajos de N. Chomsky.

Años Setenta: ¡boom!

Los años setenta corresponden a una explosión de trabajos que permitieron establecer las bases de la IA, en cuanto a la representación de los conocimientos, del razonamiento, de los sistemas expertos, de la comprensión del lenguaje natural y de la robótica avanzada.

1970: primer sistema experto

Aparición de **Dendral**, el primero de los sistemas expertos, en la Universidad de Stanford. Dendral efectúa el trabajo de un químico que reconstituye la fórmula desarrollada de un componente orgánico a partir de su fórmula bruta y de los resultados de su espectrografía de masa.

1975: programación en lógica de primer orden

Aparece **PROLOG** de la Universidad de Aix Marseille (Francia) y marca los comienzos de una verdadera programación basada en la lógica de primer orden. Este lenguaje conoció un tal éxito que fue adoptado como el lenguaje de base para el proyecto japonés de los computadores de quinta generación.

1976: medicina

MYCIN, sistema experto en diagnósticos de infecciones bacterianas de la sangre para la ayuda de la antibioterapia de Schortliffe. Sus principales características son, por una parte, la separación de los conocimientos del mecanismo de razonamiento y el diálogo en lenguaje casi-natural y por otra parte, la asistencia para los ajustes de las bases hacia la industrialización.

Los años ochenta: IA y economía

Los años ochenta son aquellos de la entrada de la IA en la vida económica. Con realizaciones prácticas importantes en diferentes áreas y, paralelamente, de un crecimiento notable de los esfuerzos de investigación a través de proyectos muy ambiciosos en la mayoría de los países industrializados.

1981: computadores de quinta generación

Lanzamiento en Japón del proyecto de computador de quinta generación. El objetivo anunciado para el proyecto es el desarrollo de tecnologías de la IA en la realización de un nuevo tipo de computadores que resolverían problemas en lugar de ejecutar los algoritmos, que efectuarían razonamientos en vez de solo cálculos y ofrecería a sus usuarios interfaces naturales: Lenguaje, gráfica, palabra.

Años noventa: comunicación hombre-máquina

Los años noventa marcan la entrada de la IA en las aplicaciones vinculadas a la comunicación hombre-máquina con interfaces inteligentes, sistema multi-agentes y la IA distribuida.

Futuro: ¿computación cuántica?

qubit: bit cuántico = “la lógica de un bit es uno u otro, mientras que el qubit entraña el concepto de ambos a la vez, sean cuatro respuestas posibles + ¡el estado de una partícula se determina a través de la asignación de una probabilidad!...

...¿*computación molecular?* ¿*bio-computación?* ¿*computación ADN?*...

¿Qué nos reserva el futuro?

Pero: ¿Qué son los computadores? Las máquinas de Turing

Aun si cotidianamente la mayoría de la gente se sorprende de los computadores y de sus incesantes y cotidianos avances tecnológicos, tanto de los aparatos mismos como de sus extensiones, notablemente en lo que dice relación con las nuevas tecnologías de información encarnadas en el “World Wide Web” (WWW, “la tela de araña mundial”) y el famoso Internet, nos damos por vencidos fácilmente frente al cómo es posible tantas funciones en tan poco espacio y tan rápidamente, lo que es natural y necesario (no hacerlo). Si hubiera que entender el funcionamiento de un computador antes de utilizarlo, necesitaríamos seguramente más de una vida, habiendo pasado por los ámbitos de la física de los materiales, de la física de los circuitos, de la miniaturización, de la matemática, de la lógica y de la programación entre otros.

Sin embargo, no dejan de sorprender cosas tan simples como por ejemplo, la correspondencia que puede haber entre la letra que tipeo en la pantalla, y los millones de electrones que van y vienen dentro de unos ínfimos circuitos, entre muchas otras cosas. En lo que se refiere a la física de los computadores propiamente tal, podemos admitir que existen explicaciones, por muy complejas que sean, pero en todo caso concretas (dentro del cuadro de la física moderna) puesto que tenemos el resultado claramente ante nuestros ojos.

Lo interesante aquí dice más bien relación con el sistema de comunicación entre el hombre y la máquina, es decir, lo que es, conceptualmente, un computador. Partiendo del supuesto de una tecnología en constante progreso, dicha comunicación ¿podrá algún día alcanzar un grado de complejidad tal que no podremos decidir si existe algún tipo de forma de vida, un “dispositivo pensante”, al interior de todas las infinitas y pequeñas redes de circuitos electrónicos? ¿cuál es el límite conceptual para un computador? ¿existe alguna limitación absoluta para lo que un algoritmo (ver más adelante) pueda, en principio, hacer?

El matemático inglés Alan M. Turing (1912-1954), motivado por dar respuesta al planteamiento del gran matemático David Hilbert, en el Congreso Internacional de Matemáticos de Bolonia en 1928, que se puede resumir de la siguiente manera:

¿Existe algún procedimiento mecánico general que pueda, en principio, resolver uno tras otro, todos los problemas de las matemáticas?

trató de imaginar como podría formalizarse el concepto de máquina, descomponiendo su modo de operar en términos elementales. Es así que en 1936, Turing define una máquina abstracta, la “máquina de Turing”, que servirá de base a la noción de algoritmo y a la definición de la clase de problemas decidibles, subyacentes en el problema de Hilbert. Turing dedicó la mayor parte de sus trabajos a la formalización de la teoría de los autómatas y de la noción de calculabilidad. Los computadores de hoy, no solo son muy cercanos de las llamadas máquinas universales de Turing, sino que nacieron primero como concepto, encarnado en la noción de “máquina universal de Turing”.

Pero ¿qué es exactamente un algoritmo o máquina de Turing? La noción de algoritmo es antigua, existen ejemplos de 300 AC, pero su formulación precisa data solo de este siglo y encuentra su versión más precisa en el concepto de “máquina de Turing”. La palabra “algoritmo” procede del nombre del matemático persa del siglo IX Abu Ja’far al-Khowârizm. El que hoy día se escriba algoritmo en lugar de la antigua y más aproximada palabra “algorism”, parece debido a una asociación con la palabra aritmética.

Un algoritmo es una sucesión finita de reglas para aplicar, en un orden determinado, a un número finito de datos, para llegar, en un número finito de etapas, a un resultado, y esto, independientemente de los datos. Se trata de una secuencia bien definida (enumerable) de operaciones, un procedimiento sistematizado.

Una máquina de Turing es un dispositivo con las siguientes características:

- 1 Número finito, aunque enorme, de estados internos posibles diferentes.
- 2 Una cinta “infinita”, es decir, siempre tan o mucho más larga que lo queramos.
- 3 Un lector de datos de entrada “input” y de reescritura para entrega de los resultados de las operaciones de cálculo o “output”.

Con relación a la idealización “infinita”, cabe destacar que las maravillas de la tecnología moderna de computadores nos han proporcionado dispositivos de almacenamiento electrónico que pueden considerarse como ilimitados para muchos casos prácticos y en este sentido dichos computadores actuales se aproximan de forma realmente notable a la idealización de Turing.

Turing representaba los datos externos y el espacio de almacenamiento en forma de una cinta sobre la que se hacen marcas. Esta cinta sería utilizada por el dispositivo y leída cuando fuera necesario, y el dispositivo podría, como parte de la operación, mover la cinta hacia adelante o hacia atrás. La cinta es una secuencia lineal de cuadrados. Cada cuadrado de la cinta esta en blanco o contiene una sola marca. El cuadrado “en blanco” puede ser representado por un “0” y “el marcado” mediante el “1”. El dispositivo lee de cuadrado en cuadrado, y después de cada operación se mueve un solo cuadrado más a la izquierda o a la derecha.

Sistema binario: “bits”

El sistema binario, como su nombre lo indica, es un sistema numérico compuesto por dos dígitos: el “0” y el “1”. El sistema usual es el decimal, que tiene como base los diez dígitos habituales: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, a partir de los cuales se combinan todos los otros números. Comparativamente, tenemos la tabla:

Decimal	Binario
0	0
1	1
2	10
3	11
4	100
5	101
6	110

Decimal	Binario
7	111
8	1000
9	1001
10	1010
11	1011
12	1100
13	1101

Decimal	Binario
14	1110
15	1111
16	10000
.	
.	
.	
167	1010011 1

Esta notación presenta un particular interés, en lo que se refiere a la ciencia de los computadores, basada en el almacenamiento de información en bits.

Un “*bit*” es la mínima unidad de información. Abreviatura de “*dígito binario*”, un bit puede representar cualquier estado o su negación. Sí o no. Verdadero o falso:

¡Los famosos 0s y 1s!

Las leyes de la lógica binaria están en la base de la computación tal cual la conocemos hoy. Para representar un bit de información en los microprocesadores se utiliza la ausencia o presencia de miles de millones de electrones en un diminuto transistor.

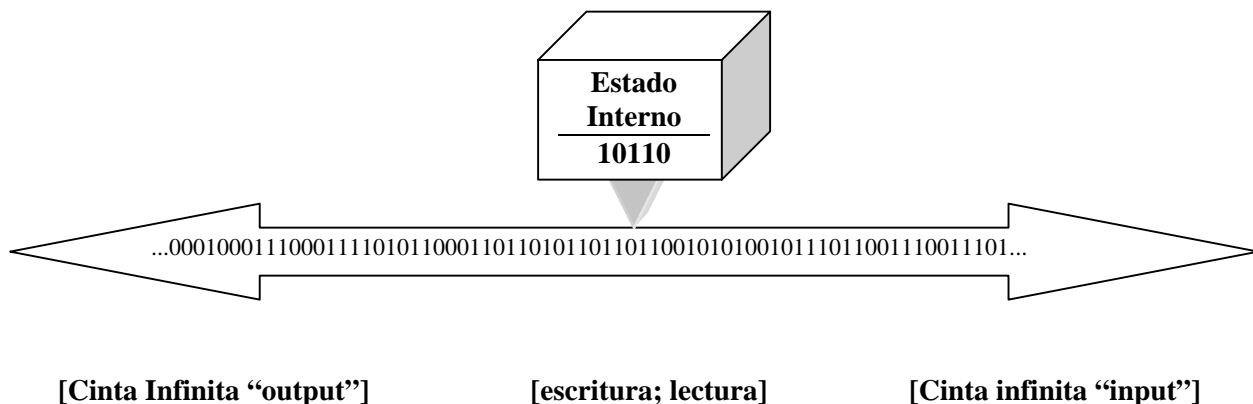
Luego 1 byte = 8 bits

1 kB	=	1 kilo byte	=	1.000 bytes
1 MB	=	1 mega byte	=	1.000.000 bytes
1 GB	=	1 guiga byte	=	1.000.000.000 bytes
1 TB	=	1 tera byte	=	1.000.000.000.000 bytes

De esta manera, la secuencia de un dispositivo como el de Turing, se presenta de la manera siguiente:

- 1 La máquina se encuentra en cierto estado interno.
- 2 Llega el input por la derecha, la máquina lee en la cinta un “0” o un “1”.
- 3 Esto le indica conservar o pasar a un nuevo estado interno, rescribir y desplazarse de un solo cuadrado a la izquierda o la derecha.
- 4 La máquina se encuentra entonces en el mismo o un nuevo estado interno.
- 5 La máquina lee en la cinta otro “0” o otro “1”.
- 6 Esto le indica un nuevo estado interno, reescritura y desplazamiento, a la izquierda o la derecha.
- 7 Continúa así, hasta que reconoce (en caso que sea posible) una orden de detención que significaría que terminó el cálculo, que se leería en este caso a la izquierda.

Máquina de Turing



Los estados internos de una máquina de Turing, si bien pueden ser grandes, no dejan de ser finitos, por lo tanto numerables y para efectos de simplificación dichos estados internos serán representados (o enumerados) por secuencias de 0s y 1s, según el famoso esquema binario. El input igualmente, cual sea su tamaño, será finito y por lo tanto numerable y entonces codificable a su vez en notación binaria. No obstante, la codificación presenta algunas complicaciones, por lo cual se utiliza una variación del sistema binario simple a uno llamado extendido que presenta la ventaja de insertar en el

input, no sólo números, sino también operaciones u otros símbolos, pero esto no presenta ninguna complicación en el concepto.

Por ejemplo, la secuencia:

“5,13,0,1,1,4,”

equivale a la secuencia binaria simple:

“101,1101,0,1,1,100,”

que equivale a su vez a la secuencia binaria extendida:

“...000010010110101001011001101011010110100011000...”

que es aquella que nos importará a continuación y donde:

“0” es representado por 0
 “1” es representado por 10
 “,” es representado por 110

Ejemplo: programa que multiplica por dos un número entero cualquiera:

máquina de Turing: “x 2”				
Si el estado interno es:	y si lee en el cuadrado:	entonces debe pasar al estado interno:	rescribir en el mismo cuadrado:	luego moverse a la izquierda o la derecha:
0	0	0	0	D
0	1	1	0	D
1	0	0	1	D
1	1	10	0	D
10	0	11	1	D
11	0	0	1	D (Stop)

Si le damos a la máquina el número “3,” por ejemplo (“11,”) en binario simple, es decir: “...0000101011000...” en binario expandido y donde 110 indica la “,” o fin de la codificación del número “3”- los ceros adelante y atrás dan cuenta de la “infinitud” de la cinta simplemente - entonces:

Sí Input = 3, = “...0000101011000...”

- 1 La máquina siempre se encuentra inicialmente en el estado interno “0”. Mientras lee 0 y se encuentra en 0, el programa le indica desplazarse a la derecha, sin cambiar de estado y sin cambiar el valor 0 del cuadrado de lectura.
- 2 La máquina en su estado interno 0 se encuentra finalmente con un 1, lo cual le indica cambiar al estado interno 1, reemplazar el 1 leído por un 0 en el mismo cuadrado y luego desplazarse a la derecha:

“...000001011000...”

- 3 Ahora la máquina, en su estado interno 1, lee 0 en la cinta, lo que le indica pasar al estado interno 0, inscribir 1 por encima del 0 y luego desplazarse a la derecha.
 ”...00000**1**1011000...”
- 4 Estado interno 0, lectura 1, se le indica pasar al estado interno 1 e inscribir 0 y desplazarse a la derecha
 ”...00000**1**0011000...”
- 5 Estado interno 1, lectura 0, se le indica pasar al estado interno 0 e inscribir 1 y desplazarse a la derecha
 ”...00000**1**0111000...”
- 6 Estado interno 0, lectura 1, se le indica pasar al estado interno 1 e inscribir 0 y desplazarse a la derecha
 ”...00000**1**0101000...”
- 7 Estado interno 1, lectura 1, se le indica pasar al estado interno 10 e inscribir 0 y desplazarse a la derecha
 ”...00000**1**0100000...”
- 8 Estado interno 10, lectura 0, se le indica pasar al estado interno 11 e inscribir 1 y desplazarse a la derecha
 ”...00000**1**0100100...”
- 9 Estado interno 11, lectura 0, se le indica pasar al estado interno 0 e inscribir 1 y desplazarse a la derecha y parar.
 ”...00000**1**0100110...”

Entonces Output= 6, = ”...0000010100110...”

Es decir “110,” en binario simple.
 Es decir “6,” y ¡6 = 3x2!

Una vez que nos hemos familiarizado con la construcción de tales máquinas, no resulta difícil convencerse de que muchas operaciones aritméticas pueden ser igualmente llevadas a este concepto, y en realidad mucho más. Se pueden construir máquinas de Turing para las que no se especifica por adelantado la operación a llevar al cabo, sino que las instrucciones vienen dadas en la cinta, operaciones lógicas y otros tipos de tareas más complicadas de naturaleza algorítmica. Incluso, se puede construir una máquina de Turing para cualquier operación mecánica. Por lo que resulta incluso razonable definir una operación mecánica en matemáticas, como una operación que puede ser llevada a cabo por una máquina de Turing, interpellando términos como: algoritmo, computable, recursivo y efectivo.

Más sorprendente aun, es el concepto de máquina universal de Turing, el cual se basa en que toda lista de instrucciones de una máquina “particular” de Turing es codificable en una secuencia de 0s y 1s en una cinta que puede ser leída por otra máquina de Turing, más general. De esta manera, esta máquina general aprendería a comportarse como cualquier máquina particular de Turing. Así, si U es la máquina universal de Turing, entonces tenemos por ejemplo:

Para ilustrar un poco las intenciones de la IA, imaginemos la construcción de un dispositivo, un robot, que llevara la contabilidad de lo que “le gusta” y de lo que “no le gusta” (en un contador digital) y que actuara en función de su puntuación, según algunos criterios de programación. Contaría positivo cuando se recarga, cuando detecta la presencia de algún dispositivo similar o luz, y contaría negativo en la medida en que se va descargando, que se va oscureciendo o que acumula tiempo de soledad.

En tal caso: ¿podríamos asegurar que siente placer o felicidad cuando su puntuación es “positiva” y dolor o hambre en caso contrario? El punto de vista de la inteligencia artificial (u operacional) diría que juzgamos esto simplemente a partir del modo en que se comporta el dispositivo. La “razonabilidad” de tal definición, derivaría del hecho de que esta es precisamente la forma en que reacciona un ser humano en relación con sentimientos de placer o dolor. De esta manera, la IA proporcionaría una vía hacia un tipo de entendimiento de las cualidades mentales tales como felicidad, dolor o hambre.

El cuerpo es un Hardware y el espíritu un Software, Inteligencia Artificial Fuerte.

Existe un punto de vista, conocido como la IA fuerte, que atribuye, además de ser inteligentes y de tener mentes, un cierto tipo de cualidades mentales al funcionamiento lógico de cualquier dispositivo computacional, incluso los dispositivos mecánicos más simples. Según sus defensores, la relación entre el espíritu y el cerebro es del mismo orden que aquella que existe entre el Software y el Hardware. Esta teoría es notablemente defendida por Daniel C. Dennett, en su libro “*Consciousness Explained*” (La conciencia Explicada, Black Bay/Little, Brown ed., 1995).

Hardware y Software

En la jerga científica de la ciencia de los computadores se utiliza el término de hardware para designar la maquinaria real de un computador (circuitos impresos, transistores, cables, memorias magnéticas, etc.), incluyendo la especificación completa del modo en que está todo interconectado. En correspondencia, el término de software se refiere a los diversos programas que pueden ser ejecutados en la máquina.

Uno de los notables descubrimientos al respecto se debe a Alan Turing, el cual enuncia que en realidad, cualquier máquina para la que el hardware ha alcanzado un cierto grado de complejidad y flexibilidad, es equivalente a cualquier otra máquina semejante. Esta equivalencia debe tomarse en el sentido de que para dos de estas máquinas, A y B, existirá un software específico tal que si se le proporciona a la máquina A, esta actuaría exactamente como si fuera la máquina B, y viceversa.

La teoría computacional del espíritu más influyente al respecto, es aquella donde el espíritu no es más que un programa computacional, contrariamente a la concepción que pretende que el computador es solo una herramienta útil para efectuar simulaciones del funcionamiento del espíritu o, en los términos del filósofo americano John Searl, *Inteligencia Artificial Débil*.

Can a machine think? El test de Turing

Durante las últimas décadas, la tecnología de computadores electrónicos ha hecho enormes progresos. Más aun, en las próximas se verán nuevos avances en velocidad, capacidad y diseño lógico. Los computadores ya pueden realizar tareas que hasta ahora habían estado reservadas exclusivamente al pensamiento humano, con una velocidad y precisión que superan con mucho a lo que un ser humano puede lograr.

Imaginemos la aparición de un nuevo computador, que sea además superior en tamaño de memoria de almacenamiento y de unidades lógicas, que el mismo cerebro humano ¿en qué nos deberíamos basar para decidir si nuestro "amigo" piensa o no realmente, dada la complejidad del mundo de sus circuitos integrados? ¿Bastaría simplemente pidiéndole que se comporte como lo haría un ser humano? ¿Qué significa comportarse como un ser humano? ¿Cómo se podría medir dicho comportamiento?

En 1950, Alan M. Turing ("computing machinery and intelligence", revista filosófica "mind", 1950) propone, en su famoso artículo: "**Can a machine think?**", la definición de una experiencia que permitiría calificar a una máquina de inteligente. La experiencia consiste en que un computador y algún voluntario humano se ocultan a la vista de algún (perspicaz) interrogador. El interrogador tiene que tratar de decidir cual de los dos es el computador y cual el ser humano, planteando preguntas a cada uno de ellos. Si en el curso de una serie de pruebas semejantes el experimentador es incapaz de determinar con exactitud la naturaleza de su interlocutor, se considera que el computador ha superado el test.

Es decir, en este caso, el que dé respuestas casi-humanas a cualquier pregunta que le podamos plantear o que las responda de una forma indistinguible a la de un ser humano ¿significa que podríamos estar de acuerdo en que realmente piensa?

Uno de los problemas que se plantean aquí, es el de la distinción entre la sintáctica y la semántica. En efecto, la lectura y la comprensión de una frase pasan por el reconocimiento de los caracteres y por la identificación de las palabras en su forma conjugada. Luego, el *análisis sintáctico* permite determinar cuales son las funciones gramaticales de cada palabra y la *semántica* interviene para decidir el sentido de toda la frase. Por ejemplo, observemos las frases siguientes:

- 1 El profesor mandó el alumno al Director porque quería portarse mal.
- 2 El profesor mandó el alumno al Director porque quería paz y tranquilidad.
- 3 El profesor mandó el alumno al Director porque quería verlo.

Claramente, ninguna de estas frases plantea problemas de comprensión. Sin embargo, en cada una de ellas el verbo conjugado "quería" puede referirse a cualquiera de los tres sujetos: alumno, profesor o director. Lo importante aquí es que ni la gramática, ni el sentido de las palabras es lo que nos obliga a vincular "quería" con "alumno", "profesor" o "director", sino que el conocimiento que tenemos del mundo real en el cual vivimos.

Imagínese el diálogo siguiente:

<p style="text-align: center;">Interrogadora “Esta mañana oí que un rinoceronte iba volando por el Mississipi en un globo rosa” ¿Que piensas de eso? Computador “Eso me suena bastante ridículo” Interrogadora ¿De veras? mi tío lo hizo una vez, solo que era blanco con rayas ¿Que hay de ridículo en eso?</p> <p style="text-align: center;">Sin una correcta comprensión, el computador se delataría con algo como: “los rinocerontes no pueden volar” o “los rinocerontes no tienen rayas”. (Penrose 1989)</p>
--

¿Es concebible que un computador pueda llegar a superar dichas pruebas?
y si fuera así:

¿se podría concluir que dicho computador piensa, siente, comprende...?

Penrose resume el problema del test de Turing de la manera simple siguiente: “Creo que pedir al computador que imite a un ser humano de una forma tan fiel que resulte indistinguible en los aspectos relevantes es, en verdad, pedir al computador mas de lo necesario. Todo lo que yo pediría sería que nuestra perspicaz interrogadora se sintiera realmente convencida, por la naturaleza de las replicas del computador, de que hay una *presencia consciente*, aunque posiblemente extraña, subyacente a esta replicas. Aun si esto esta sometido a la subjetividad de la interrogadora” (Penrose 1989).

El punto de vista de John Searl, La cámara China.

Una de las dificultades es el contexto intelectual actual, que nos encomienda de aceptar de una manera demasiado literal la comparación entre espíritu y computador: ¿es el cerebro un computador y el espíritu consciente un programa informático?

Un computador es por definición un aparato capaz de manipular símbolos representados bajo la forma de 0s y 1s, aunque cualquier otro símbolo serviría. El cálculo definido como tal, se reduce a una serie de operaciones estrictamente sintácticas. Sabemos por lo tanto, por experiencia, que la actividad del espíritu no se reduce a la manipulación de símbolos formales, los espíritus tienen contenidos. Cuando pensamos en castellano, por ejemplo, las palabras que atraviesan nuestro espíritu no son únicamente símbolos formales no interpretados, también sabemos lo que significan. Las palabras tienen para nosotros un significado o un contenido semántico. El espíritu, no se reduce a un programa informático puesto que los símbolos formales de un programa de computador no pueden en ellos mismos garantizar la presencia de un contenido semántico que interviene en la actividad del espíritu.

Para ilustrar este punto, imagínese tratando de realizar las diferentes etapas de un programa que permita responder a preguntas en una lengua que le es totalmente desconocida. Usted no entiende el chino, imagínese entonces que se encuentra encerrado en una cámara (pieza) llena de cajas que contienen signos chinos (las bases de datos). Usted recibe pequeñas cantidades de signos chinos (las preguntas en chino) y busca en un libro de reglas (el programa) lo que se supone debe de hacer. Realiza ciertas operaciones con los signos en función de las reglas (las etapas indicadas en el programa o el algoritmo) y envía de vuelta pequeñas cantidades de signos a las personas situadas fuera de la cámara (las respuestas a la preguntas). Usted se encuentra por lo tanto en la situación de un computador aplicando un programa para responder a preguntas en chino. Pero eso no cambia nada en el hecho de que usted no entiende una sola palabra de chino.

Conclusión: si usted no puede comprender el chino únicamente a partir de la aplicación de un programa de computador para comprender el chino, ocurre exactamente con cualquier computador numérico aplicando el mismo programa, puesto que ningún computador dispone, en esas condiciones, de capacidades que no sean aquellas de las cuales dispone usted mismo.

Este argumento, conocido hoy bajo el nombre de "argumento de la cámara china", se basa en un razonamiento simple de tres etapas:

- 1 Los programas efectúan operaciones sintácticas.
- 2 El espíritu pone en juego contenidos semánticos.
- 3 Las operaciones sintácticas son diferentes de los contenidos semánticos e insuficientes en ellas mismas para alcanzar un nivel semántico.

En consecuencia, los programas informáticos no son espíritus.

Cerebro Humano-Computador

El cerebro humano dispone de 20.000.000.000 células nerviosas llamadas neuronas. El tamaño de cada una de ellas es de aproximadamente $0,00000005 \text{ cm}^3$. Cada impulsión eléctrica que ataca esas células dura 0,001 segundo. El funcionamiento de esas células se hace en paralelo.

El computador actual está constituido de circuitos integrados (VLSI) de un tamaño de $0,0001 \text{ cm}^3$. Cada impulsión eléctrica dura aproximadamente 0,000000001 segundo. El funcionamiento es secuencial.

El cerebro humano es 1000 veces más denso que un computador,
pero también 1000 veces más lento.

Cerebro humano	Computador
lento	rapido
razonamiento inductivo	razonamiento deductivo
impreciso	preciso
perceptivo	no perceptivo
olvida	memoria a largo plazo
creativo	no creativo
emoción	sin emoción
aprende	programado
electroquímico	eléctrico

A la búsqueda científica del alma, El cerebro y la conciencia.

Tal como lo plantea la inteligencia artificial, se trata de imitar el comportamiento humano bajo sus más numerosos aspectos, en vísperas de superarlo. No menos interesante es que, para saber si una de estas máquinas terminará, o no, pensando como un ser humano, es necesario ir a explorar en nuestros mismos cerebros. Así, la IA aparece como una ciencia a la "búsqueda científica del alma o del hogar de la conciencia", a partir de, por lo menos, dos aproximaciones:



Es decir, de la pregunta: ¿puede tener mente un computador? pasamos a ¿cómo puede el ser humano pensar, sentir, percibir? o ¿de qué manera exactamente, los procesos neurobiológicos del cerebro causan el fenómeno de la conciencia?

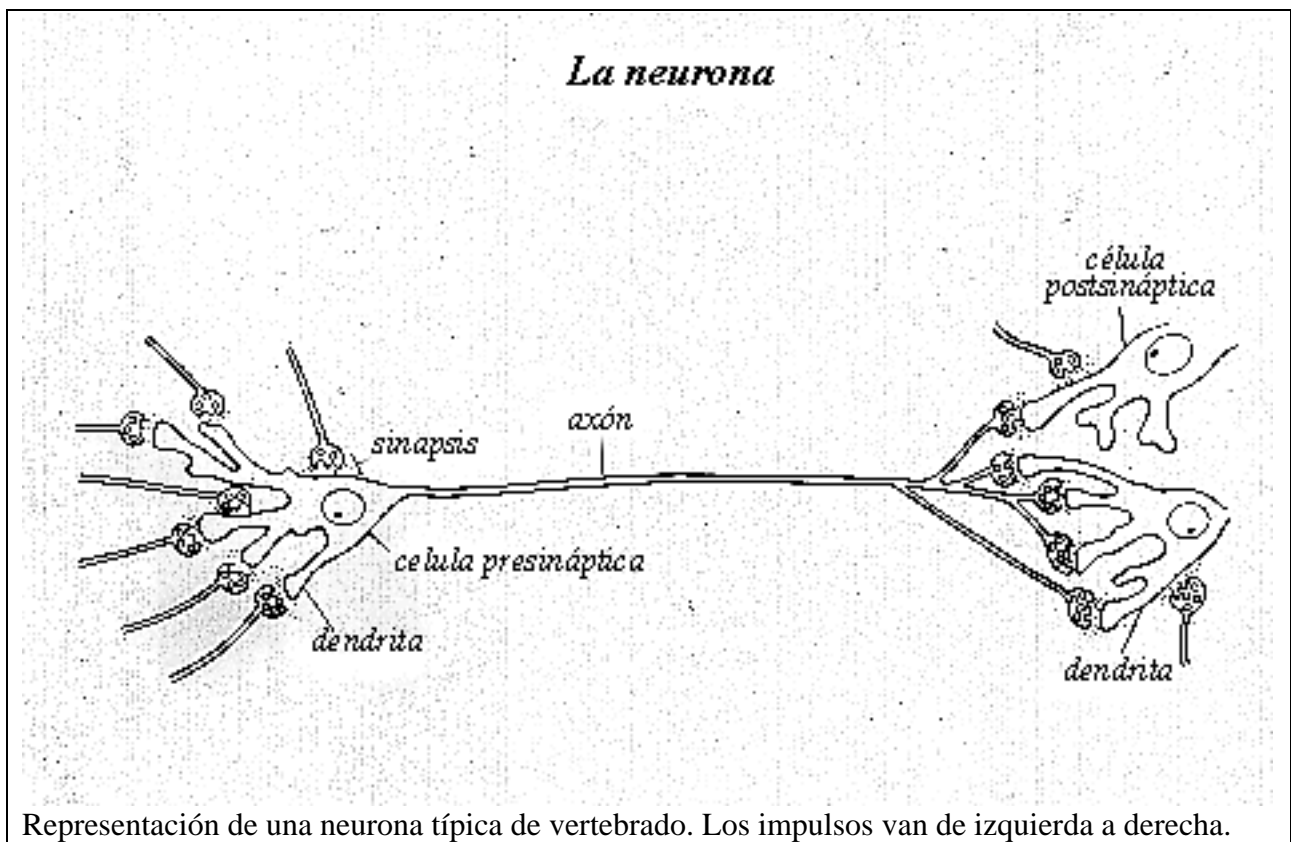
Circuitos Cerebrales.

La inmensa variedad de estímulos que nos afectan, como cuando probamos un vino, miramos el cielo, sentimos el olor de una rosa o escuchamos un concierto, pone en marcha una serie de procesos neurobiológicos que son la causa de estados subjetivos internos, unificados, ordenados y coherentes de conciencia o de sensación. Pero ¿qué pasa exactamente entre el momento en que nuestros receptores son invadidos por los estímulos y el momento de la experimentación de la conciencia? y ¿de qué manera los procesos intermedios causan los estados conscientes?

Dichos procesos se producen a nivel microscópico de las sinapsis, de las neuronas, de las redes neuronales y de conjuntos celulares. Nuestra vida consciente está determinada por esos procesos elementales, pero no tenemos hoy una idea precisa de su funcionamiento.

La unidad estructural y funcional del sistema nervioso de todos los animales multicelulares es la neurona. Tradicionalmente, una neurona se describe como constituida de tres partes: **Axón**, **cuerpo celular** y **dendrita**. Cada neurona recibe señales por medio de las dendritas, que luego procesa en su cuerpo celular para, a su vez y a través de su axón, enviar una nueva señal a las neuronas siguientes.

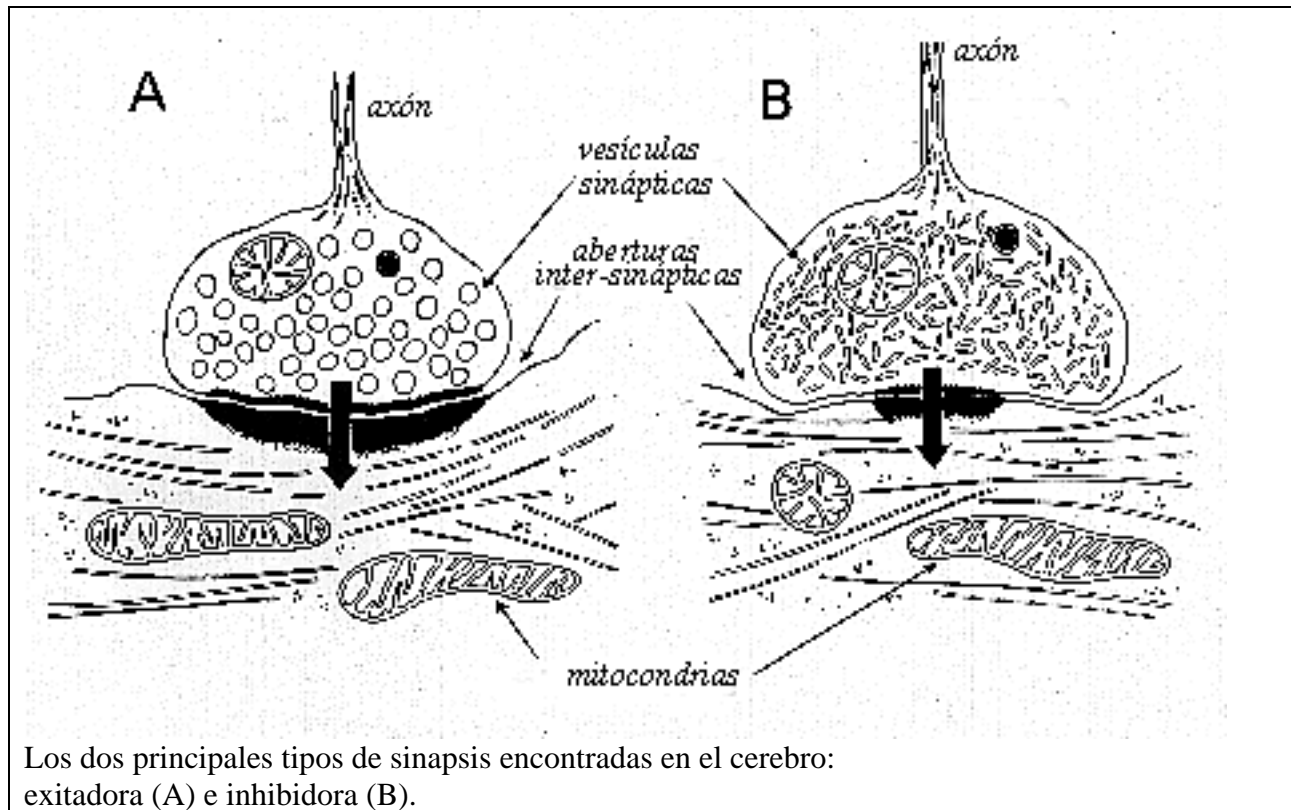
Si bien, el sistema nervioso está compuesto de unidades discontinuas, las neuronas, se comporta como un sistema de transmisión continua, lo cual se debe a conexiones funcionales entre las neuronas, llamadas las *sinapsis*. Una sinapsis es una región en donde una célula (presináptica) se pone en contacto con otra (postsináptica), e influye en ella. Característicamente, la región sináptica del axón presináptico, está llena de cuerpos pequeños redondeados llamados las vesículas sinápticas. Dichas vesículas contienen sustancias químicas específicas, llamadas neurotransmisores, que son liberadas cuando el axón es excitado y transmiten la excitación a la célula postsináptica.



Representación de una neurona típica de vertebrado. Los impulsos van de izquierda a derecha.

El proceso es por lo tanto el siguiente: la transmisión eléctrica que proviene del axón pone en marcha la emisión de mediadores químicos en la abertura sináptica, que provoca a su vez una transmisión eléctrica del lado de la dendrita. La célula recibe entonces por medio de sus dendritas todo un conjunto de señales del cual realiza en su cuerpo celular una suma, a partir de la cual va a poder ajustar su tasa de emisión de señales neuronales en dirección de células vecinas.

Las neuronas reciben a la vez señales excitadoras, que incrementan su nivel de activación, y señales inhibitoras que reducen ese mismo nivel. Si bien cada neurona recibe tantas señales excitadoras como inhibitoras, emite sin embargo un sólo tipo de señal a la vez. Según lo que sabemos, una neurona es, salvo raras excepciones, o una neurona excitadora, o una neurona inhibitora.



Los dos principales tipos de sinapsis encontradas en el cerebro: excitadora (A) e inhibitora (B).

Lo que se acaba de describir es la causa del conjunto de nuestros estados concientes. El conjunto de nuestra vida conciente es por lo tanto causado por el comportamiento de neuronas que no hacen más que incrementar o reducir su nivel de activación. Los recuerdos que conservamos, por ejemplo, parecen ser en cierta manera almacenados en las conexiones sinápticas entre las neuronas.

¿Como señales neuronales de naturaleza física, objetiva y cuantificable pueden causar experiencias internas, subjetivas y cualitativas? o más simplemente, ¿como el cerebro asegura el paso de la electroquímica a la sensación?

¿El cerebro “aquí” La conciencia “allá”?

Los problemas que plantean las ciencias del cerebro son difíciles de resolver: según las estimaciones actuales, el cerebro humano contaría con más de cien mil millones de neuronas. El número de conexiones sinápticas de cada neurona va de 100 a decenas de miles. Esta estructura biológica de una extrema complejidad esta entera agrupada en un volumen más pequeño que una pelota de fútbol. A esas dificultades prácticas de adjuntan varios obstáculos y errores de orden filosófico y teórico que impiden que

los problemas sean planteados correctamente. El como los procesos neurobiológicos del cerebro causan el fenómeno de la consciencia está cargado de supuestos filosóficos.

El primer problema serio proviene de la historia de las ideas. En el siglo XVII, Descartes y Galileo establecieron una distinción clara entre la realidad física descrita por la ciencia y la realidad espiritual del alma, que consideraban como fuera del cuadro de la investigación científica. Ese dualismo que distinguía el espíritu consciente de la materia inconsciente tenía una utilidad desde el punto de vista de la investigación científica de la época, puesto que permitía apartar los trabajos de los científicos de la autoridad de la iglesia. Por otra parte, el mundo físico se prestaba a un acercamiento matemático, lo cual no parecía ajustarse al espíritu. Ese dualismo se transformó en un obstáculo en el siglo XIX, puesto que tiene como consecuencia situar la consciencia y otros fenómenos mentales, al exterior de la realidad física ordinaria, y por ende, fuera del ámbito de las ciencias de la naturaleza.

“La hipótesis sorprendente: a la búsqueda científica del alma”, Francis Crick, Premio Nóbel de Biología.

«"Ustedes", sus felicidades y sus penas, sus recuerdos y sus ambiciones, la idea que se hacen de su identidad personal y de su libre albedrío, no son más que el comportamiento de un gran conjunto de células nerviosas y moléculas asociadas. »

Lo sorprendente viene del simple hecho de que, por una parte, la totalidad de nuestra vida mental está localizada en nuestro cerebro, y por otra parte, por el hecho de que los mecanismos específicos del cerebro, responsables de nuestra vida mental, son neuronas y moléculas asociadas, tales como los neurotransmisores.

Es decir, la especificidad del cerebro toma una forma que sería imposible imaginar a partir de lo que conocemos de la actividad de este órgano. Si tuviéramos que imaginar una máquina orgánica destinada a bombear sangre, seguramente llegaríamos a algo similar a un corazón. Pero si nos tratáramos de imaginar una máquina que produzca conciencia ¿no podríamos exigirnos llegar a cientos de billones de neuronas? Esto sugiere según Searl, considerando la hipótesis de Crick, que todas nuestras experiencias conscientes se explican a través del comportamiento de neuronas y son ellas mismas *propiedades emergentes* del sistema de neuronas.

Una propiedad emergente de un sistema,

es una propiedad que se explica a partir de los elementos de ese sistema, pero que no pertenece propiamente tal a ninguno de los elementos particulares del sistema y no puede explicarse como la simple suma de las propiedades de los elementos del sistema. La liquidez del agua es un buen ejemplo: es en efecto el comportamiento de las moléculas de H₂O que explica la liquidez del agua pero, individualmente, esas moléculas no son líquidas.

El simple hecho de reconocer un amigo en medio de una multitud requiere de procesos de una complejidad que excede ampliamente nuestros conocimientos

Esto último sugiere, que cerebro y conciencia pertenecen a un “mismo mundo”, nuestro único mundo, por oposición al dualismo. Esto no significa que el cerebro sea un computador, tal como lo plantea la IA fuerte, sino un órgano como cualquier otro, una máquina orgánica. Esto es el punto de vista de la IA débil, citada anteriormente: la conciencia es causada por procesos neuronales de nivel inferior del cerebro y es ella misma un rasgo del cerebro. Como se trata de un rasgo que resulta de ciertas actividades

neuronales, podemos considerarlo como un rasgo *emergente* del cerebro. Los computadores juegan en el estudio del cerebro un papel comparable al que pueden tener en otras disciplinas. Son extremadamente útiles, en particular para simular los procesos cerebrales, pero la simulación de un estado mental no es un estado mental.

Desde un punto de vista más matemático, hacia los años 1960, John Lucas, un filósofo de Oxford, defendía el punto de vista a partir del cual Gödel, un lógico matemático austríaco, había mostrado que existen, en los sistemas matemáticos, proposiciones que no pueden ser demostradas en el interior de esos sistemas, pero que podemos ver sin embargo que son verdaderas. La consecuencia era que, según Lucas, las capacidades de nuestro entendimiento sobrepasan aquellas de un computador. Un computador utiliza solo algoritmos, es decir series de reglas precisas que definen las etapas que hay que seguir para resolver un problema o demostrar la exactitud de una proposición. Pero ningún algoritmo puede demostrar ciertas proposiciones que percibimos como verdaderas. El conocimiento que tenemos de esas verdades no puede ser por lo tanto de orden algorítmico. Como los computadores no funcionan más que sobre la base de algoritmos, no somos computadores.

Penrose renueva el argumento de Lucas a partir de una elegante versión del teorema de Gödel presentado por primera vez por Turing y generalmente conocido como la demostración del insolucionable problema de la “detención” (de una máquina en proceso de cálculo). De esta manera, ningún computador podrá alcanzar al ser humano en el terreno del razonamiento matemático, puesto que los modelos informáticos no garantizan *juicios de verdad*.

A raíz de esto último, Penrose es considerado por Searl como un dualista, en el sentido de que tal consideración implicaría que no vivimos en un mundo unificado, pero que existe un mundo mental distinto, que se funda en el mundo físico. Dicho de otra manera, los procesos cerebrales serían la causa de la conciencia como dos cosas distintas, es decir: procesos cerebrales como causas y estados concientes como efecto.

Según Searl, se debería abandonar el dualismo y considerar la conciencia como un fenómeno biológico ordinario, al igual que el crecimiento o la digestión. Existen todavía muchos científicos dualistas que no creen que sea posible dar una explicación causal de la conciencia inscrita en la realidad biológica ordinaria. El ejemplo más célebre es el de Sir John Eccles, neurobiólogo premio Nóbel, para quién el alma sería en realidad reunida por Dios al feto tres semanas antes de la concepción.

Por otra parte, un argumento en contra de la versión matemática anterior, es que el hecho de que nuestro conocimiento de ciertas verdades, no resulte de la aplicación de un algoritmo que demuestre un teorema, no prueba que no utilicemos ningún algoritmo para llegar a esas conclusiones. Es posible que utilicemos procedimientos de cálculo, no destinados a demostrar necesariamente teoremas.

Conclusiones

En definitiva, parece ser que la conciencia sea o bien una propiedad emergente de los procesos físicos del cerebro, imitable pero no reproducible, o bien, la conciencia sería una esencia en paralelo a los circuitos neuronales, pero la hipótesis según la cual, el cuerpo sería un hardware y el espíritu un software, o IA fuerte, no aparece muy popular entre los matemáticos, filósofos y biólogos entre otros. Sin embargo, aun si existen demostraciones muy convincentes de la imposibilidad de que un computador pueda tener mente por varios aspectos, quedamos sin embargo sometidos a las sorpresas que nos reservan las tecnologías del mañana, entre las cuales la *computación cuántica*, y para un futuro no muy lejano. Pero se especula acerca de bio-computación, computación molecular y computación ADN, lo cual no deja de estremecer.

¿Podría un dispositivo de alto grado de complejidad verse beneficiado de propiedades emergentes, al igual que el cerebro? Hay muchas demostraciones que prueban lo contrario y el punto de vista de la IA fuerte no es tan popular. Sin embargo, el grado de complejidad que podrán seguramente alcanzar algunas máquinas, deja espacio para algunas dudas. A veces los avances tecnológicos se escapan de las manos de sus mismos descubridores.

En todo caso, se ignora aun como los procesos cerebrales causan la conciencia. La cuestión del hogar de la conciencia todavía resulta polémica y se encontraría esencialmente acotada en el problema de saber si cerebro y conciencia son o no de un mismo mundo. Los progresos de la Inteligencia Artificial y de la Neurobiología nos dirán más a futuro.

IA “Social”: El hombre de “electromañón”.

Qué moderno es un teléfono celular. Resulta que estoy hablando desde mi barco en alta mar, en plena puesta de sol de un maravilloso día de verano, con mi amigo que se encuentra en el último piso de la torre Eiffel, por una gris mañana de invierno. La modernidad es fascinante, pero eso no impide que el alcance que tenemos de ella sea primitivo.

En cierta manera, lo primitivo de nuestra era, en relación con la tecnología, reside en que la fascinación por las máquinas no nos conduce, en la práctica, a una “fascinación” a lo menos mucho mayor por el ser humano o ser viviente. En este sentido, la investigación propuesta por la IA y las interrogantes que levanta tienden, intrínsecamente, a poner al ser vivo por delante de cualquier máquina, y esto por la misma existencia de aquellas. Súbitamente, las máquinas acercándose cada vez más al hombre, hacen del hombre la máquina perfecta.

De manera transversal, la IA aparece como una visión técnica del hombre frente a sus avances tecnológicos y como una salida a lo primitivo que el hombre puede ser, en relación con él mismo, frente a sus propios descubrimientos.

Una afirmación de Louis Pasteur puede ser un buen elemento conclusivo: "...Se pone la materia antes de la vida y se hace la materia existente de toda la eternidad. Quizás el progreso incesante de la ciencia obligará a los sabios, que vivirán dentro de un siglo, de mil años, de diez mil años, a afirmar que la vida ha estado de toda la eternidad y no la materia ¿Quién asegura que dentro de diez mil años no se considerará que es de la vida que se creará imposible no pasar a la materia?"

Ciencia ficción, Facinación.

Blade Runner/Ridley Scott/1982

"...a principios del siglo XXI, la corporación TYRELL, llevo la evolución de los robots a la fase NEXUS, un ser casi idéntico al humano conocido como un replico. Los replicos NEXUS 6 eran superiores en fuerza y agilidad y cuanto menos equivalentes en inteligencia a los ingenieros genéticos que los crearon. Los replicos se empleaban como esclavos en el espacio en la azarosa exploración y colonización de otros planetas. Después de un sangriento motín realizado por un equipo de combate NEXUS 6 en una de las colonias espaciales, se prohibieron que los replicos habitaran la tierra bajo pena de muerte. Escuadrones especiales de policía: Unidades de Blade Runners, tenían ordenes de tirar a matar a todo replico que se encontrara en la tierra..."

...A ESTO NO SE LE LLAMO "EJECUCION"...SINO "RETIRO".

Las tres leyes de la robótica:

- 1 Un robot no puede dañar a un ser humano, ni por inacción, permitir que un ser humano sufra daño.
- 2 Un robot debe obedecer las órdenes impartidas por los seres humanos, excepto cuando dichas órdenes estén reñidas con la primera ley.
- 3 Un robot debe proteger su propia existencia, mientras dicha protección no esté reñida ni con la primera, ni con la segunda ley.

Isaac Asimov, El hombre bicentenario.

Continua...