

CIENCIA COGNITIVA Y LENGUAJE 1 (borrador)

Guillermo Soto
Universidad de Chile

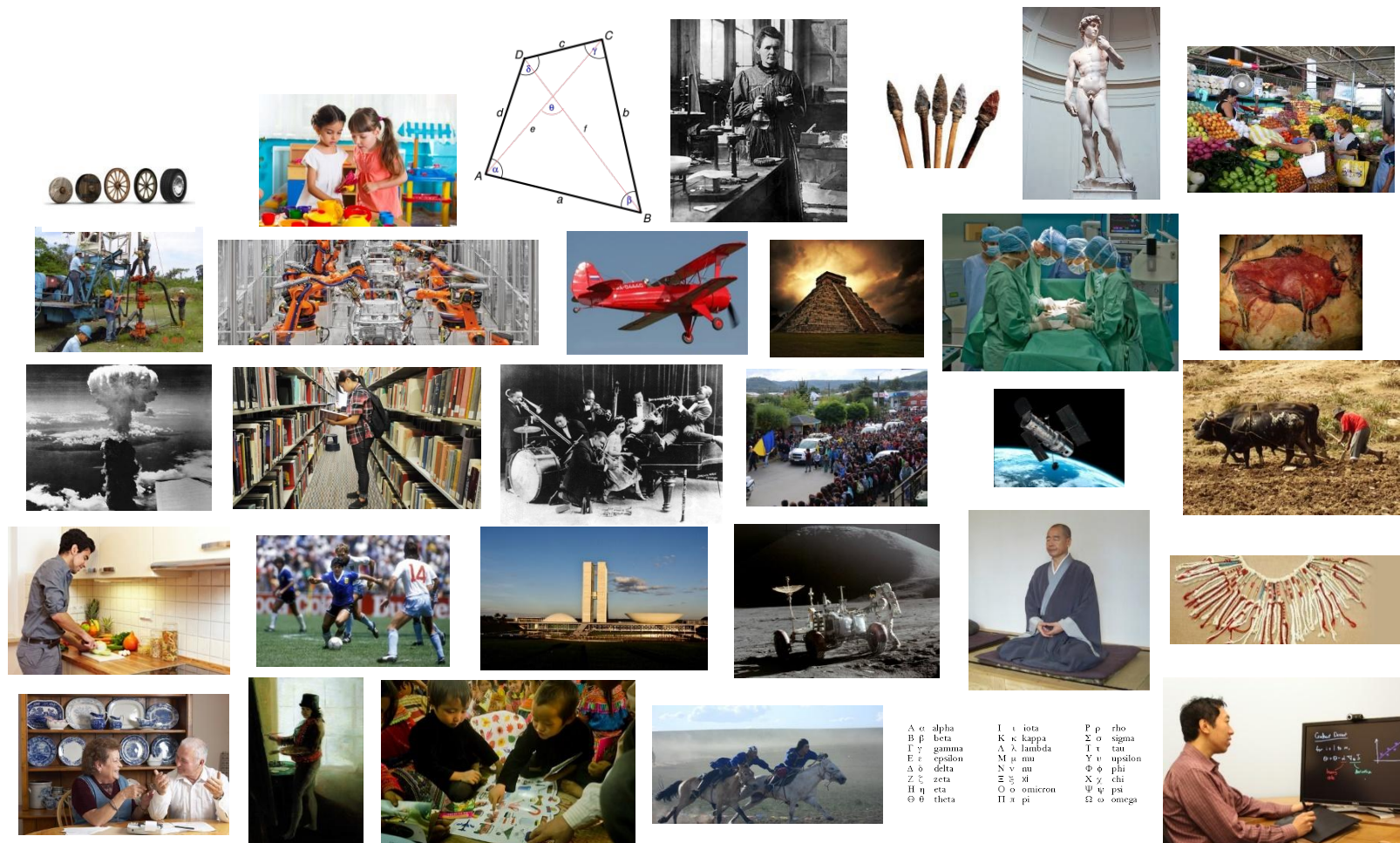
Inteligencia

Del lat. *intelligentia*.

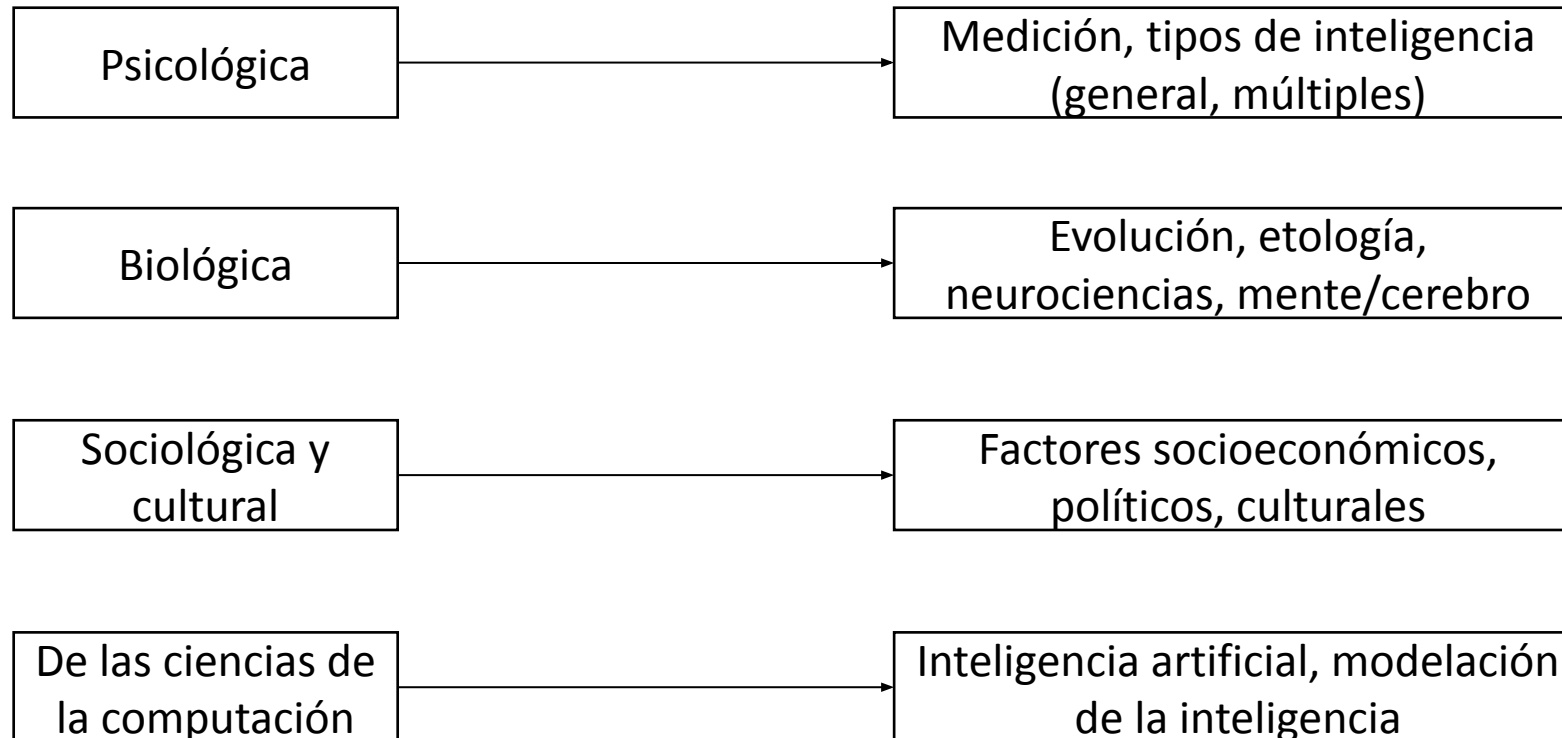
1. f. **Capacidad de entender o comprender.**
2. f. **Capacidad de resolver problemas.**
3. f. **Conocimiento, comprensión, acto de entender.**
4. f. Sentido en que se puede tomar una proposición, un dicho o una expresión.
5. f. **Habilidad, destreza y experiencia.**
6. f. Trato y correspondencia secreta de dos o más personas o naciones entre sí.
7. f. Sustancia puramente espiritual.
8. f. servicio de inteligencia.

(*Diccionario de la lengua española*, 2017)

La inteligencia está presente en todo el rango de actividades humanas, lo que da cuenta de nuestra capacidad de comprender lo que sucede, desplegar con habilidad conductas de manera flexible y resolver problemas nuevos y de modo novedoso.



Aproximaciones a la inteligencia



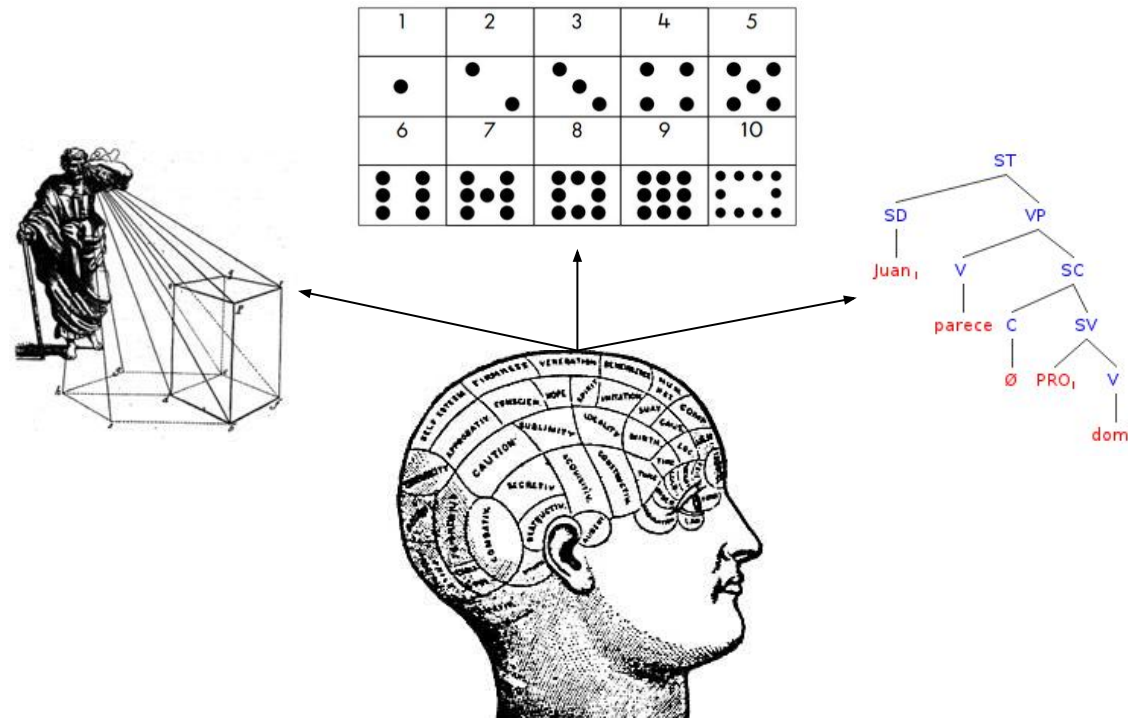
Antecedentes en la filosofía clásica

La ciencia cognitiva ha vuelto a plantear, esta vez, en un formato científico, preguntas tradicionales de la filosofía referidas al conocimiento y el pensamiento (Thagard 1996):

- Platón: conocimiento innato, independiente de la experiencia de los sentidos (innatismo)
- Descartes, Leibniz: conocimiento derivado del raciocinio (racionalismo)
- Aristóteles, Locke: conocimiento como reglas aprendidas de la experiencia (empirismo)
- Kant: conocimiento derivado de la experiencia de los sentidos y de capacidades mentales innatas

El cognitivismo clásico

Tradicionalmente asociamos la inteligencia a la capacidad de resolver problemas más bien abstractos, que implican una actividad mental y en los que el cuerpo y la situación en que estamos no desempeñan un papel crucial.



La mente

El estudio de la inteligencia, en consecuencia, se entiende como estudio de la mente.

- **MENTE.** s. f. Lo mismo que Entendimiento. Es tomado del Latino *Mens, tis*.
- **ENTENDIMIENTO.** s. m. Una de las tres potencias del alma, que (segun San Agustín) es aquella virtud que entiende las cosas que no vé. Y más claramente, Es una potencia espiritual y cognoscitiva del alma racional, con la qual se entienden y conocen los objetos, así sensibles como no sensibles, y que están fuera de la esfera de los sentidos.

Real Academia Española. 1726-1738. Diccionario de autoridades.

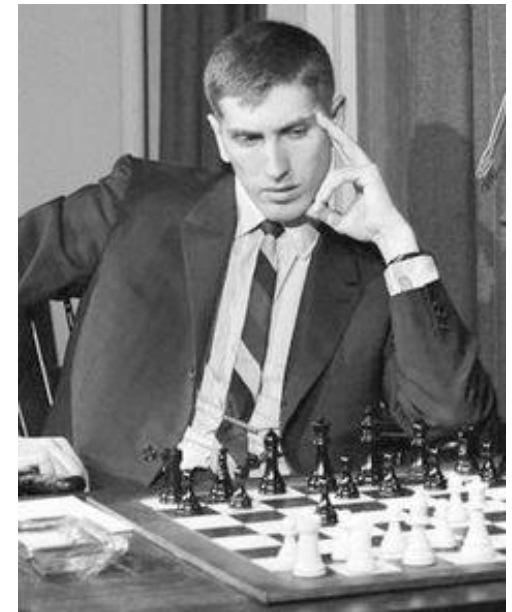
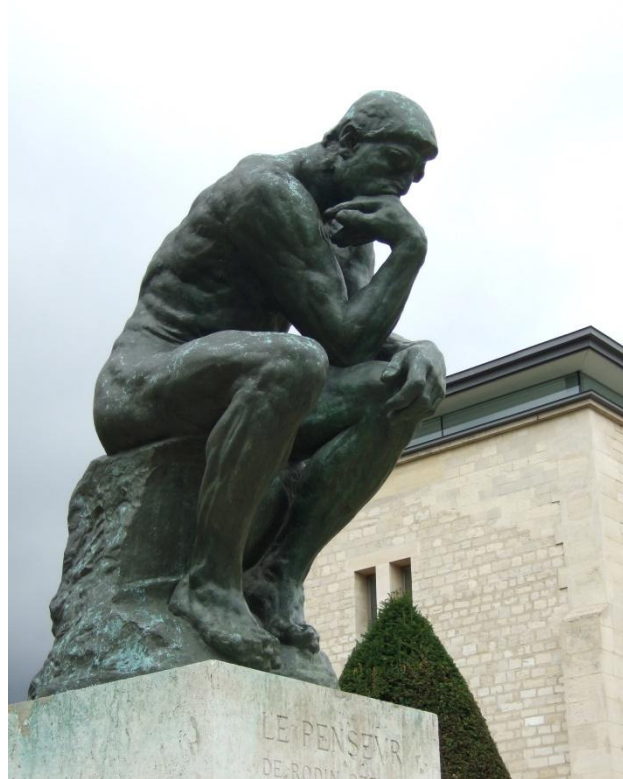
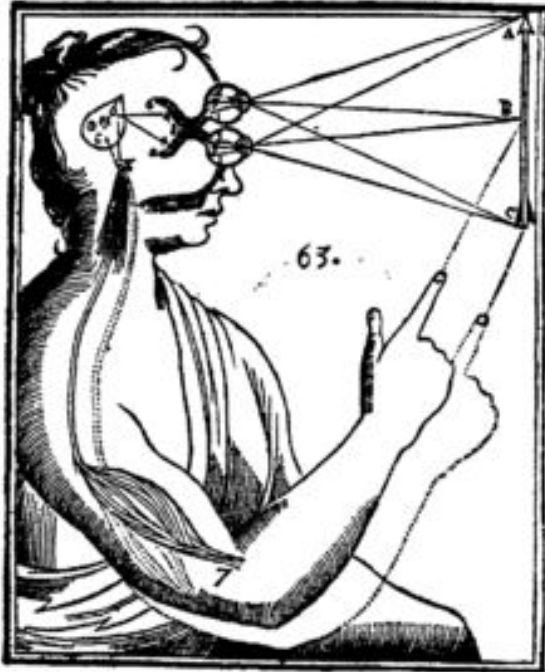
Res cogitans

Res extensa

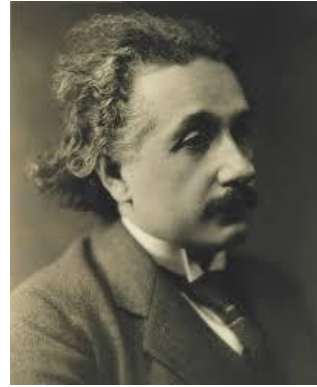


Pienso, luego existo

Estereotipos de la inteligencia y la mente humanas



La inteligencia como propiedad de individuos sobresalientes



Ciencia Cognitiva

Cognitive science is the interdisciplinary scientific study of the mind.

La ciencia cognitiva es el estudio científico interdisciplinario de la mente.

Oberlander, J. 2005. Cognitive science: An overview. En Brown, K. (ed.) Encyclopedia of Language and Linguistics (2a edición), Volume 2, pp 562--569.

Problemas de la CC

- Many questions therefore fall within its scope. For instance, how do people perceive the world through their senses? How do they manage to act in a timely fashion in a changing world? How do they solve novel problems? How do they manage to learn new skills? And how do they understand one another?

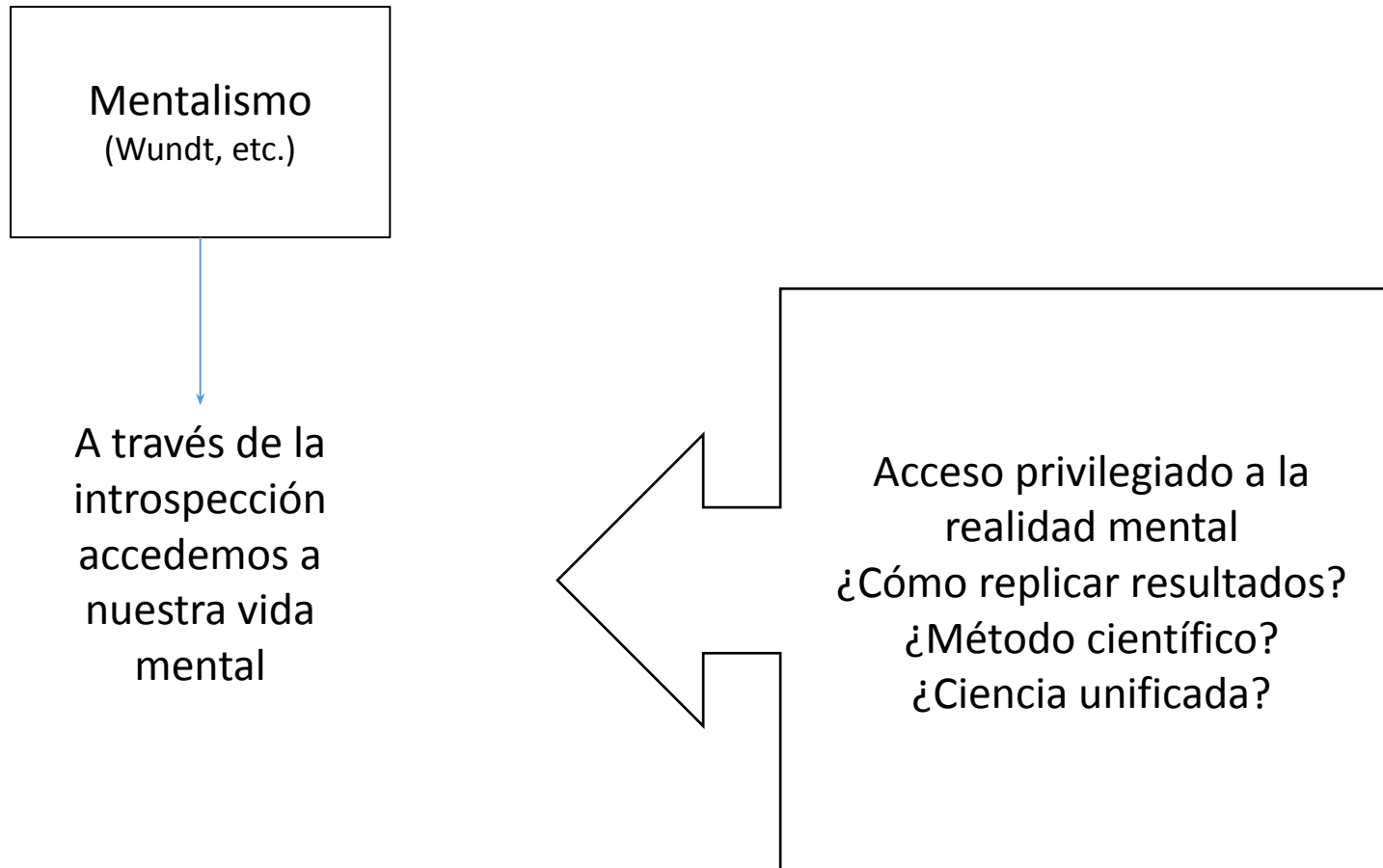
Oberlander, J. 2005. Cognitive science: An overview. En Brown, K. (ed.) Encyclopedia of Language and Linguistics (2a edición), Volume 2, pp 562--569.

Problemas de la CC

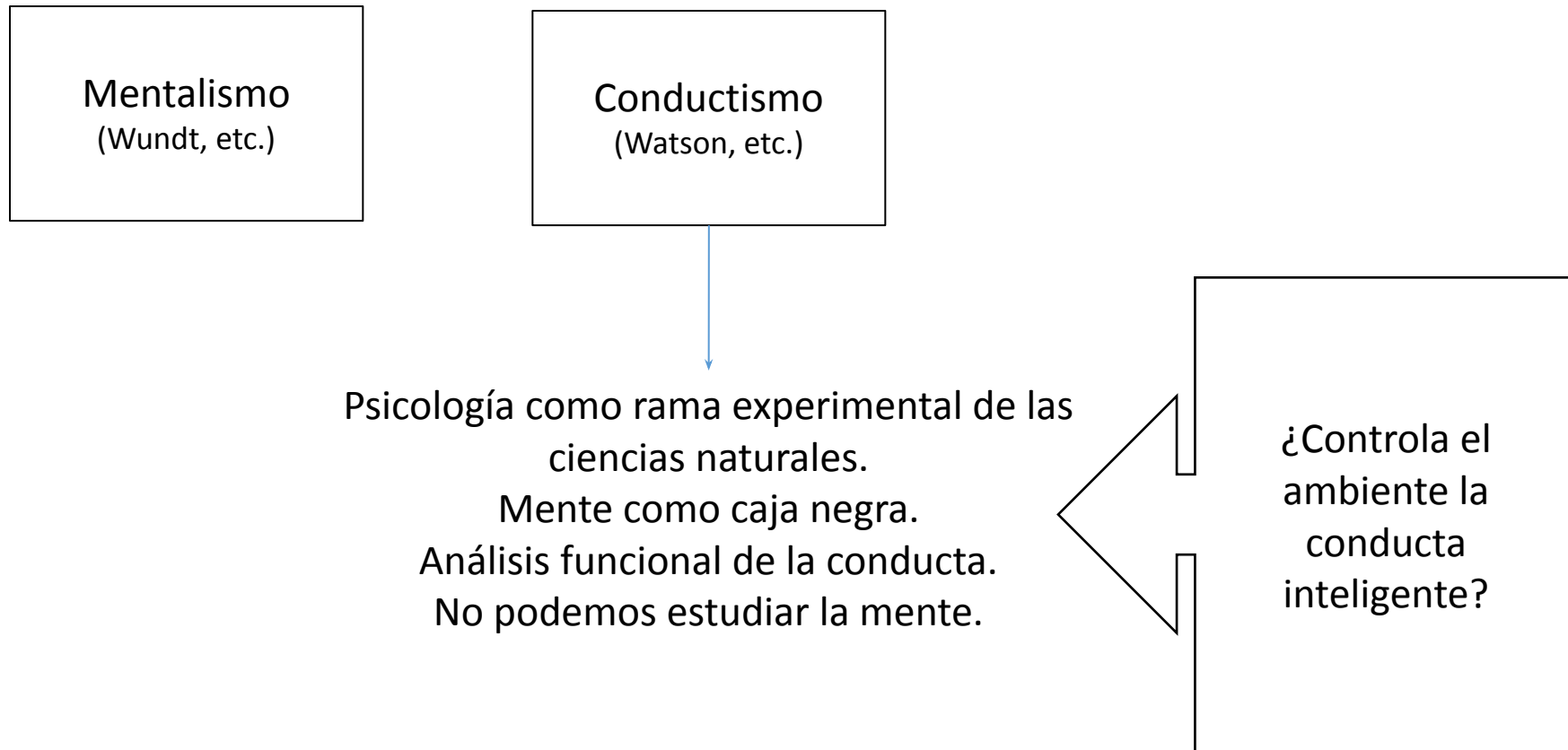
Por lo tanto, muchas preguntas caen dentro de su alcance. Por ejemplo, ¿cómo perciben las personas el mundo a través de sus sentidos? ¿Cómo logran actuar de manera oportuna en un mundo cambiante? ¿Cómo resuelven problemas nuevos? ¿Cómo logran aprender nuevas habilidades? ¿Y cómo se entienden?

Oberlander, J. 2005. Cognitive science: An overview. En Brown, K. (ed.) Encyclopedia of Language and Linguistics (2a edición), Volume 2, pp 562--569.

¿Cómo estudiar la mente?



¿Cómo estudiar la mente?



Proyecto psicológico del conductismo

(Bechtel et al. 1999)

- Psicología como rama experimental de las ciencias naturales, puramente objetiva
 - Watson
- Objetivo de la psicología: análisis funcional de la conducta

Proyecto psicológico del conductismo

(Bechtel et al. 1999)

Paso 1: Observar la conducta

Paso 2: Seleccionar descripciones de la conducta que no supongan una teorización sobre la psicología interna del organismo (no mentalistas)

Paso 3: Seleccionar descripciones del entorno de la conducta observada que no sean mentales ni supongan una teorización sobre las representaciones del entorno que se hace el organismo

Proyecto psicológico del conductismo

(Bechtel et al. 1999)

Paso 4: Reconocer correlaciones entre aspectos no mentales de la conducta y aspectos no mentales del ambiente.

Paso 5: Manipular experimentalmente los aspectos del ambiente: determinar la clase de eventos ambientales y de conductas que se correlacionan.

Paso 6: Hablar de la conducta (respuesta) como función del ambiente (estímulo). Estímulo y respuesta establecen una relación funcional.

Proyecto psicológico del conductismo

(Bechtel et al. 1999)

Un ratón se escabulle por una callejuela. Vira a la izquierda hacia un tarro de basura en el suelo e ingiere comida.

Se pone al ratón en un laberinto de laboratorio.

Se varía la ubicación de *pellets* de comida con la dirección de los virajes del ratón (según doble a la izquierda o a la derecha).

Proyecto psicológico del conductismo

(Bechtel et al. 1999)

- Se observa que bajo ciertas condiciones la conducta de virar a la izquierda o a la derecha se correlaciona con la historia inmediata de la ingesta de comida.
- La historia es “responsable” de la dirección.
 - El viraje a la izquierda es función de una historia de comida a la izquierda.
 - El viraje a la derecha es función de una historia de comida a la derecha.

Conductismo en Lingüística

(Bechtel et al. 1999)

Estructuralismo estadounidense (Bloomfield)

El lingüista recoge un corpus de emisiones verbales y produce una gramática que describe el corpus. Se eliminan explícitamente supuestos, inferencias y explicaciones mentalistas.

Foco de estudio □ Lengua externalizada, producto

Chomsky: crítica al conductismo

A typical example of stimulus control for Skinner would be the response to a piece of music with the utterance *Mozart* or to a painting with the response *Dutch*. These responses are asserted to be "under the control of extremely subtle properties" of the physical object or event. Suppose instead of saying *Dutch* we had said *Clashes with the wallpaper, I thought you liked abstract work, Never saw it before, Tilted, Hanging too low, Beautiful, Hideous, Remember our camping trip last summer?*, or whatever else might come into our minds when looking at a picture (in Skinnerian translation, whatever other responses exist in sufficient strength). Skinner could only say that each of these responses is under the control of some other stimulus property of the physical object. If we look at a red chair and say red, the response is under the control of the stimulus redness; if we say chair, it is under the control of the collection of properties (for Skinner, the object) chairness (110), and similarly for any other response. This device is as simple as it is empty. Since properties are free for the asking (we have as many of them as we have nonsynonymous descriptive expressions in our language, whatever this means exactly), we can account for a wide class of responses in terms of Skinnerian functional analysis by identifying the controlling stimuli. But the word stimulus has lost all objectivity in this usage. Stimuli are no longer part of the outside physical world; they are driven back into the organism. We identify the stimulus when we hear the response.

Chomsky: crítica al conductismo

Un ejemplo típico de control de estímulo para Skinner sería la respuesta a una pieza musical con el enunciado *Mozart* o una pintura con la respuesta *holandesa*. Se afirma que estas respuestas están "bajo el control de propiedades extremadamente sutiles" del objeto físico o evento. Supongamos que, en lugar de decir *holandés*, hubiéramos dicho *Choca con el papel mural, Pensé que te gustaban las obras abstractas, Nunca lo había visto antes, Está inclinado, Está colgando demasiado abajo, Hermoso, Horrible, ¿Recuerdas nuestro viaje de campamento el verano pasado?*, o cualquier otra cosa que pueda entrar en nuestra mente al mirar una imagen (en la traducción skinneriana, cualquier otra respuesta existe con suficiente fuerza). Skinner solo podría decir que cada una de estas respuestas está bajo el control de alguna otra propiedad de estímulo del objeto físico. Si miramos una silla roja y decimos *rojo*, la respuesta está bajo el control del estímulo *rojedad*; si decimos *silla*, está bajo el control de la colección de propiedades (para Skinner, el objeto) *silla* (110), y de manera similar para cualquier otra respuesta. Este dispositivo es tan simple como vacuo. Dado que siempre habrá propiedades para cualquier pregunta (tenemos tantas de ellas como expresiones descriptivas no sinónimas en nuestro idioma, sea lo que sea lo que esto signifique exactamente), podemos dar cuenta de una amplia clase de respuestas en términos de análisis funcional skinneriano identificando los estímulos de control. Pero la palabra estímulo ha perdido toda objetividad en este uso. Los estímulos ya no son parte del mundo físico exterior; son conducidos de regreso al organismo. Identificamos el estímulo cuando escuchamos la respuesta.

¿Cómo estudiar la mente?

Mentalismo
(Wundt, etc.)

Conductismo
(Watson, etc.)

Cognitivismo



La mente es un computador.
Podemos experimentar.
Podemos crear modelos.

La mente como computador

In addressing these questions, most researchers assume that the human mind is some kind of computational device, containing representations.

Al abordar estas preguntas, la mayoría de los investigadores asumen que la mente humana es algún tipo de dispositivo computacional que contiene representaciones.

Oberlander, J. 2005. Cognitive science: An overview. En Brown, K. (ed.) Encyclopedia of Language and Linguistics (2a edición), Volume 2, pp. 562--569.

Antecedentes del computacionalismo: precursores

Pāṇini (en algún momento entre los siglos VII y V a.C.)

Gramático indio. “En sus *Ashtadhyanyi* (‘Ocho libros’) caracteriza una lengua –en este caso el sánscrito– como un sistema que contiene un número finito de reglas que pueden usarse para describir un número potencialmente *infinito* de enunciados lingüísticos (oraciones). Un sistema como ese es comúnmente llamado ‘gramática’. La gramática del sánscrito de Pāṇini puede ser finita, pero es de hecho muy grande. Comprende 3.959 reglas. (14)

[...] el enfoque de Pāṇini en el *Ashtadhyanyi* consistió en hacer de su gramática un sistema explícito y comprensivo. Diseñó un conjunto de reglas que, utilizando una combinación de una cantidad finita de unidades léxicas (las *raíces de palabras*) era aplicable a todos los enunciados correctos del sánscrito. Pāṇini inventó un sistema de reglas ordenado para alcanzar esta meta. Sus reglas se aplicaban en cierto orden para producir un enunciado lingüístico. Esto corresponde al concepto de algoritmo: un procedimiento que genera un resultado en un número finito de pasos secuenciales. Las reglas de Pāṇini también son *opcionales*, lo que significa que siempre hay más de una elección posible (de otro modo solo sería aplicable a un enunciado lingüístico). Introdujo una metarregla para hacer consistente su sistema: ‘si dos reglas están en conflicto, la última regla prevalece’. Organizó su gramática para que esta regla fuera siempre válida.

Una de las ideas más interesantes en el sistema de reglas de Pāṇini es que una regla gramatical puede invocarse a sí misma. Esto se conoce como *recursión*. (15)

Antecedentes del computacionalismo: precursores



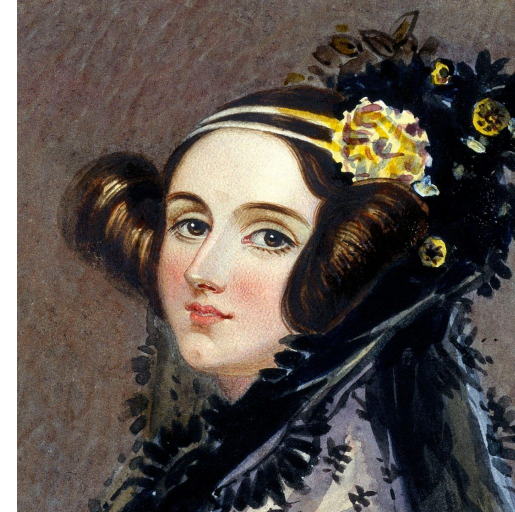
Wilhelm Leibniz
(1646-1716)
Crea calculadores
conceptuales de poder
limitado

https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AAND9GcTqyzR-1T9o_xIH32GmXuOAdQ8mly3SqxbZ-a9TuPaOTqb8IR0b&usqp=CAU



Charles Babbage
(1791-1871)
“diseña (pero no construye) un
dispositivo capaz de
computación universal” (lxxv)

<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/82/CharlesBabbage.jpg>



Augusta Ada King, Condesa
de Lovelace (1815-1852)
Crea el primer algoritmo
computacional
Plantea que “las máquinas
podrán un día programarse
para jugar ajedrez o componer
música” (lxxv)

https://www.bbvaopenmind.com/wp-content/uploads/2015/12/Ada_Lovelace_Chalon_portrait-1-1024x1024-1.jpg

Jordan, Michael I. y
Stuart Russell.
“Computational
intelligence.” *The MIT
encyclopedia of the
cognitive sciences*.
Cambridge, MA: MIT
Press, 1999. lxxiii-xc.

Antecedentes del computacionalismo: la cibernética

The word "cybernetics" was coined by MIT mathematician Norbert Wiener in the summer of 1947 to refer to the new science of command and control in animals and machines which he helped to establish and develop. The word was derived from the Greek *kubernetes* meaning "steersman" or "ship pilot" (See Cybernetics, Wiener). Unknown to Wiener at the time, Plato had used the adjective *kubernetiken* in the *Gorgias* to refer to the "science of piloting," and the French physicist André Marie Ampère had derived the French word *Cybernétique* directly from the Greek to refer to the science of government in his classification of sciences, the *Essai sur la Philosophie des Sciences*. Cybernetics holds that complex systems-such as living organisms, societies and the brain-are self-regulated by the feedback of information. By systematically analyzing the feedback mechanisms which regulate complex systems, cybernetics hopes to discover the means of controlling these systems technologically, and to develop the capability of synthesizing artificial systems with similar capacities.

Early work in cybernetics was primarily concerned with two problems: how to best design "man-machine" systems which depended upon the performance of both humans and machines, and in illuminating the similarities between computers and the brain. Work on the former problem led to detailed studies of human performance and influenced the fields of ergonomics and Human-Computer Interaction. Work on the later problem sought to identify the feedback mechanisms responsible for mental properties, and to build computers which simulated them, giving rise to the fields of cognitive science and Artificial Intelligence.

Antecedentes del computacionalismo: la cibernética

La palabra "cibernética" fue acuñada por el matemático del MIT Norbert Wiener en el verano de 1947 para referirse a la nueva ciencia de comando y control en animales y máquinas que ayudó a establecer y desarrollar. La palabra se deriva del griego *kubernetes* que significa "timonel" o "piloto de barco". Desconocido para Wiener en ese momento, Platón había usado el adjetivo *kubernetiken* en Gorgias para referirse a la "ciencia del pilotaje", y el físico francés André Marie Ampère había derivado el francés La palabra *Cybernétique* directamente del griego para referirse a la ciencia del gobierno en su clasificación de ciencias, el *Essai sur la Philosophie des Sciences*. La cibernética sostiene que los sistemas complejos, como los organismos vivos, las sociedades y el cerebro, están autorregulados por la retroalimentación de información. Al analizar sistemáticamente los mecanismos de retroalimentación que regulan los sistemas complejos, la cibernética espera descubrir los medios para controlar estos sistemas tecnológicamente, y o desarrollar la capacidad de sintetizar sistemas artificiales con capacidades similares.

El trabajo inicial en cibernética se refería principalmente a dos problemas: cómo diseñar mejor los sistemas "hombre-máquina" que dependían del rendimiento de los humanos y las máquinas, y mostrar las similitudes entre las computadoras y el cerebro. El trabajo sobre el primer problema condujo a estudios detallados del desempeño humano e influyeron en los campos de la ergonomía y la interacción humano-computadora. El trabajo sobre el problema posterior buscó identificar los mecanismos de retroalimentación responsables de las propiedades mentales, y construir computadoras que los simularan, dando lugar a los campos de la ciencia cognitiva y Inteligencia artificial.

Antecedentes del computacionalismo: la cibernética

Many of the people who worked on the digital computer projects in the U.S. and England during the 1940's also participated in cybernetics conferences, and saw their work as a contribution to the movement. The mathematician and designer of the IAS Machine, John von Neumann, for example, engaged in heated debates over the mechanisms of memory in the brain at several cybernetics meetings. The connections which evolved between digital computers and theories of the brain were reflected in the popular media which, for many years, referred to computers as "electronic brains" or "giant brains." Even today, we call the numeric storage of the computer its "memory."

The first paper to bring together the central concepts of cybernetics was one written by the British psychiatrist W. Ross Ashby in 1940. There he outlines a theory of how a concrete physical mechanism can exhibit adaptive properties once thought only to be abstract properties held by living, thinking beings. His theory is based on the concept of "homeostasis" developed by the physiologist Walter Cannon (1932) to explain the biological mechanisms which maintain vital balances within an organism, such as the regulation of blood pressure, blood sugar, and body temperature.

Ashby's idea is that a mechanism which can alter its internal configurations can do a random search for a configuration which achieves some desired "goal." The objective of an organism is to maintain a vital quantity in a stable equilibrium, like body temperature, by a complex set of mechanisms such as sweating and shivering. For a machine, the goal is to keep the values of certain "essential variables" within a desired range, and when these fall outside that range, to randomly vary the non-essential variables it can control until the values of the essential variables are restored. He called this mechanism of trial and error a "functional circuit" because it responded to its own success or failure, but later recognized it to be identical to the concept of feedback.

Antecedentes del computacionalismo: la cibernética

Muchas de las personas que trabajaron en proyectos de computadoras digitales en los EE. UU. e Inglaterra durante la década de 1940, también participaron en conferencias de cibernética y vieron su trabajo como una contribución al movimiento. El matemático y diseñador de la máquina IAS, John von Neumann, por ejemplo, participó en acalorados debates sobre los mecanismos de la memoria en el cerebro en varias reuniones de cibernética. Las conexiones que evolucionaron entre las computadoras digitales y las teorías del cerebro se reflejaron en los medios populares que, durante muchos años, se refirieron a las computadoras como "cerebros electrónicos" o "cerebros gigantes". Incluso hoy, llamamos al almacenamiento numérico de la computadora su "memoria".

El primer artículo que reunió los conceptos centrales de la cibernética fue escrito por el psiquiatra británico W. Ross Ashby en 1940. Allí teoriza cómo un mecanismo físico concreto puede exhibir propiedades adaptativas que alguna vez se consideraron propiedades abstractas mantenidas por los seres vivos pensantes. Su teoría se basa en el concepto de "homeostasis", desarrollado por el fisiólogo Walter Cannon (1932) para explicar los mecanismos biológicos que mantienen los equilibrios vitales en un organismo, como la regulación de la presión arterial, el azúcar en la sangre y la temperatura corporal.

La idea de Ashby es que un mecanismo que puede alterar sus configuraciones internas puede hacer una búsqueda aleatoria de una configuración que logre algún "objetivo" deseado. Para un organismo, el objetivo es mantener una cantidad vital, como la temperatura corporal, en un equilibrio estable, usando un conjunto complejo de mecanismos como la sudoración y los escalofríos. Para una máquina, es mantener los valores de ciertas "variables esenciales" dentro de un rango deseado, y cuando estos caen fuera de ese rango, variar aleatoriamente las variables no esenciales que puede controlar hasta que se restablezcan los valores de las variables esenciales. Llamó a este mecanismo de prueba y error un "circuito funcional", porque respondía a su propio éxito o fracaso, pero luego reconoció que era idéntico al concepto de retroalimentación.

Antecedentes del computacionalismo: la cibernética

The theory thus offers a way to explain learning and biological adaptation, in terms of a single type of physical mechanism. In 1947, Ashby built an analog computer to demonstrate his idea. Called the Homeostat, it consisted of four interconnected units which sought to establish a pattern of electrical currents between them such that the whole ensemble would resist various external disturbances. The model of a goal-directed search which it embodied has become central in Artificial Intelligence.

However, the birth of cybernetics is often dated back to 1943, with the publication of two foundational papers in the U.S.: Rosenblueth, Wiener and Bigelow's "Behavior Purpose and Teleology" and Warren McCulloch and Walter Pitts' "A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity" (see McCulloch, Warren (artificial neural networks)). This group of scientists would instigate a far-reaching scientific movement out of the concepts contained in these papers. There were, of course, numerous antecedents and at least three independent discoveries of the same set of concepts, most notably Ashby, Schmidt and Sommerhoff.

Wiener, the physiologist Arturo Rosenblueth, and the engineer Julian Bigelow had been brought together by the U.S. war effort to work on a device for controlling and targeting anti-aircraft guns. They concluded that the targeting problem was intimately related to the control problem of making sure the gun was pointing toward the target. They further argued that the solution to both problems depended on the ability of the gun to continuously correct itself based on the moment-to-moment changes in the position of the plane and the orientation of the gun. Their "AA-Predictor" never worked very well, but in designing it they had recognized the fundamental importance of feedback loops for the self-regulation of purposive mechanisms.

Antecedentes del computacionalismo: la cibernética

La teoría ofrece una manera de explicar el aprendizaje y la adaptación biológica como un solo tipo de mecanismo físico. En 1947, Ashby construyó una computadora analógica para demostrar su idea. Llamado Homeostat, constaba de cuatro unidades interconectadas que buscaban establecer un patrón de corrientes eléctricas entre ellas de modo que todo el conjunto resistiera varias perturbaciones externas. El modelo de búsqueda dirigida a un objetivo, que encarna, se ha convertido en central en la Inteligencia Artificial.

Sin embargo, el nacimiento de la cibernética a menudo se remonta a 1943, con la publicación de dos documentos fundamentales en los EE. UU.: "Conducta, propósito y teleología" de Rosenblueth, Wiener y Bigelow y "Un cálculo lógico de las ideas inmanentes en la actividad nerviosa" de McCulloch y Pitts. en la actividad nerviosa. Este grupo de científicos instigaría un movimiento científico de gran alcance a partir de los conceptos contenidos en estos documentos. Hubo, por supuesto, numerosos antecedentes y al menos tres descubrimientos independientes del mismo conjunto de conceptos, principalmente por Ashby, Schmidt y Sommerhoff.

Wiener, el fisiólogo Arturo Rosenblueth y el ingeniero Julian Bigelow habían sido reunidos por el esfuerzo de guerra de los EE. UU. para trabajar en un dispositivo para controlar y atacar armas antiaéreas. Llegaron a la conclusión de que el problema de apuntar estaba íntimamente relacionado con el problema de control de estar seguro de que el arma apuntara hacia el objetivo. Sostuvieron, además, que la solución a ambos problemas dependía de la capacidad del arma para corregirse continuamente en función de los cambios momento a momento en la posición del avión y la orientación del arma. Su "AA-Predictor" nunca funcionó muy bien, pero al diseñarlo reconocieron la importancia fundamental de los *circuitos de retroalimentación* para la autorregulación de los mecanismos intencionales.

Antecedentes del computacionalismo: la cibernética

In particular, negative feedback is the ability of a mechanism to receive information about the result of its own action, to calculate a correction based on the distance of that result from a pre-specified goal, and to act so as to reduce that distance. Negative feedback thus creates a circular causal loop whereby an action A causes an effect B, which in turn causes a new action A' which has been calculated to reduce the error of the next effect B', and so on. The challenge of designing a useful machine for solving a given problem thus lies in determining how to perform the error-reducing calculation.

Negative feedback can be produced even by a very simple mechanism. One example is a thermostat which regulates the temperature of the room by turning the heat on when the temperature falls too low, and switches it off again when the temperature rises. Another is James Watt's governor which regulates a steam engine by opening a valve when it spins too fast and closing the valve again as it slows down. The AA-Predictor had a far more complicated method of error-correction, and utilized time-series methods of linear extrapolation using the known limitations of airplane maneuverability as parametric constraints.

The concept of feedback was further developed from the early work of Nyquist's 1932 regeneration theory, into a general theory of servomechanisms (MacColl 1945). Information was given a precise mathematical definition by the Bell Telephone Labs engineer Claude Shannon in 1948. According to his "Mathematical Theory of Communication," information is a measure of the reduction in uncertainty caused by receiving a particular message from the whole set of possible messages. What cybernetics had shown was that information feedback imparted purposive, goal-directed or teleological behavior to machines by allowing them to act in response to the world. This challenged the dominant psychological theory of behaviorism, which had ignored purpose and argued that teleology was too metaphysical to be scientific. By becoming the central concept of cybernetics, the information *feedback loop* instigated the shift from behaviorism to functionalism and cognitivism in psychology.

Antecedentes del computacionalismo: la cibernética

La retroalimentación negativa es la capacidad de un mecanismo para informarse del resultado de su propia acción, calcular una corrección basada en la distancia entre ese resultado y un objetivo previamente especificado, y actuar para reducir esa distancia. La retroalimentación negativa crea un ciclo causal circular por el cual una acción A causa un efecto B, que a su vez provoca una nueva acción A' que se ha calculado para reducir el error del siguiente efecto B', y así sucesivamente. El desafío de diseñar una máquina útil para resolver un problema dado reside en determinar cómo calcular la reducción de errores.

La retroalimentación negativa puede producirse incluso por un mecanismo muy simple. Un ejemplo es un termostato que regula la temperatura de la habitación, encendiendo el calor cuando esta baja demasiado y apagándolo nuevamente cuando aumenta. Otro es el regulador centrífugo de Watt, que regula una máquina de vapor, abriendo una válvula cuando gira demasiado rápido y volviendo a cerrarla a medida que disminuye la velocidad. El AA-Predictor tenía un método mucho más complicado de corrección de errores, y usaba métodos de extrapolación lineal de series de tiempo, utilizando las limitaciones conocidas de la maniobrabilidad del avión como restricciones paramétricas.

El concepto de retroalimentación se desarrolló desde la inicial teoría de regeneración de Nyquist 1932 a una teoría general de servomecanismos (MacColl 1945). Shannon le dio una definición matemática precisa en 1948. Según su "Teoría matemática de la comunicación", la información es una medida de la reducción de la incertidumbre causada por recibir un mensaje particular de todo el conjunto de mensajes posibles. Lo que la cibernética había demostrado era que la información recibida transmitía un comportamiento intencional, dirigido a objetivos o teleológico a las máquinas, al permitirles actuar en respuesta al mundo. Esto desafió la teoría psicológica dominante del conductismo, que había ignorado el propósito y argumentaba que la teleología era demasiado metafísica para ser científica. Al convertirse en el concepto central de la cibernética, el ciclo de retroalimentación de la información instigó el cambio del conductismo al funcionalismo y el cognitivismo en psicología.

Antecedentes del computacionalismo: la cibernética

The latest developments of cybernetics proper include the concept of "autopoiesis" in "second-order cybernetics." Autopoiesis is a term coined by Maturana and Varela (1972) in an attempt to describe the self-referring and self-making autonomy of living systems embedded in the world. It is intimately related to the epistemic problem of objectivity in knowledge, particularly to the recognition that all knowledge presupposes an observer, and this observer implicates an entire universe of relations when attempting to communicate an observation to a listener, including the listener and the observer. Second-order cybernetics thus became preoccupied with trying to understand itself reflexively. The result of this is that the feedback loop of cybernetics is replaced by an infinite regress of moebius-loops which (re)produce themselves, and come into existence in the very act of verifying their existence by observation.

Many significant technical developments have been inspired by cybernetics. Among these are genetic algorithms and evolutionary programming. Genetic algorithms were first devised by John Holland (1975), and attempt to simulate the self-organizing properties of biological evolution. They do this by dividing the possible solutions to a problem into pieces called alleles, which are analogous to the pieces which make up biological genes. Various combinations of alleles are combined into hypothetical solutions which are then tested against one another in a fashion analogous to Darwinian natural selection by competition. The "fittest" solutions are then recombined into a new population with minor mutations in a process analogous to sexual reproduction. The processes of recombination and selection are repeated many times until a near-optimal solution is found. This technique is often used as a method of non-linear optimization in computer science and engineering.

Cybernetics slowly dissolved as a coherent scientific field during the 1970's, though its influence is still broadly felt. Cybernetic concepts and theories continue on, reconstituted in various guises, including the fields of self-organizing systems, dynamical systems, complex/chaotic/non-linear systems, communications theory, operations research, cognitive science, Artificial Intelligence, artificial life, Robotics, Human-Computer Interaction, multi-agent systems and artificial neural networks.

Antecedentes del computacionalismo: la cibernética

Los últimos desarrollos de la cibernética propiamente dicha incluyen el concepto de "autopoiesis" en "cibernética de segundo orden". *Autopoiesis* es un término acuñado por Maturana y Varela (1972) para describir la autonomía autorreferida y autoconstruida de los sistemas vivos integrados en el mundo. Está íntimamente relacionado con el problema epistémico de la objetividad en el conocimiento, particularmente con el reconocimiento de que todo conocimiento presupone un observador, y este observador implica un universo entero de relaciones cuando intenta comunicar una observación a un oyente, incluidos el oyente y el observador. La cibernética de segundo orden se preocupó por tratar de comprenderse a sí misma reflexivamente. El resultado de esto es que el bucle de retroalimentación de la cibernética se reemplaza por una regresión infinita de bucles moebius que se (re)producen a sí mismos y llegan a existir en el acto mismo de verificar su existencia por observación.

Muchos desarrollos técnicos significativos se han inspirado en la cibernética. Entre estos se encuentran los algoritmos genéticos y la programación evolutiva. Los primeros se idearon por Holland (1975) e intentan simular las propiedades de autoorganización de la evolución biológica, dividiendo las posibles soluciones de un problema en piezas llamadas alelos, análogas a las que forman los genes biológicos. Varias combinaciones de alelos se combinan en soluciones hipotéticas que luego se prueban entre sí de modo análogo a la selección natural darwiniana por competencia. Las soluciones "más adecuadas" se recombinan en una nueva población con mutaciones menores en un proceso análogo a la reproducción sexual. Los procesos de recombinación y selección se repiten muchas veces hasta que se encuentra una solución casi óptima. Esta técnica se usa a menudo como método de optimización no lineal en informática e ingeniería.

La cibernética se disolvió lentamente como campo científico coherente durante la década de 1970, aunque su influencia aún se siente ampliamente. Los conceptos y teorías cibernéticas continúan, reconstituidos en varias formas, incluidos los campos de sistemas autoorganizados, sistemas dinámicos, sistemas complejos/caóticos/no lineales, teoría de las comunicaciones, investigación operativa, ciencia cognitiva, inteligencia artificial, vida artificial, robótica, interacción humano-computador, sistemas de múltiples agentes y redes neuronales artificiales.

Antecedentes del computacionalismo: la Cibernética

Realimentación o retroalimentación (*feedback*)

(automática y robótica) Proceso por el que se actúa sobre un sistema, dispositivo o máquina, a partir de observaciones de la/s salida/s del mismo, con el fin de conseguir un comportamiento previamente determinado. (*Diccionario Español de Ingeniería*, 1.0 edición, Real Academia de Ingeniería de España, 2014)

Norbert Wiener: la información generada por un sistema vuelve al sistema. Esto permite que el sistema ajuste su conducta

(1942): la realimentación permite que los sistemas desplieguen conductas orientadas a metas (teleología)

Antecedentes del computacionalismo: la Cibernética

- Realimentación (*feedback*)

Fuente: Claude Bernard (s. XIX)

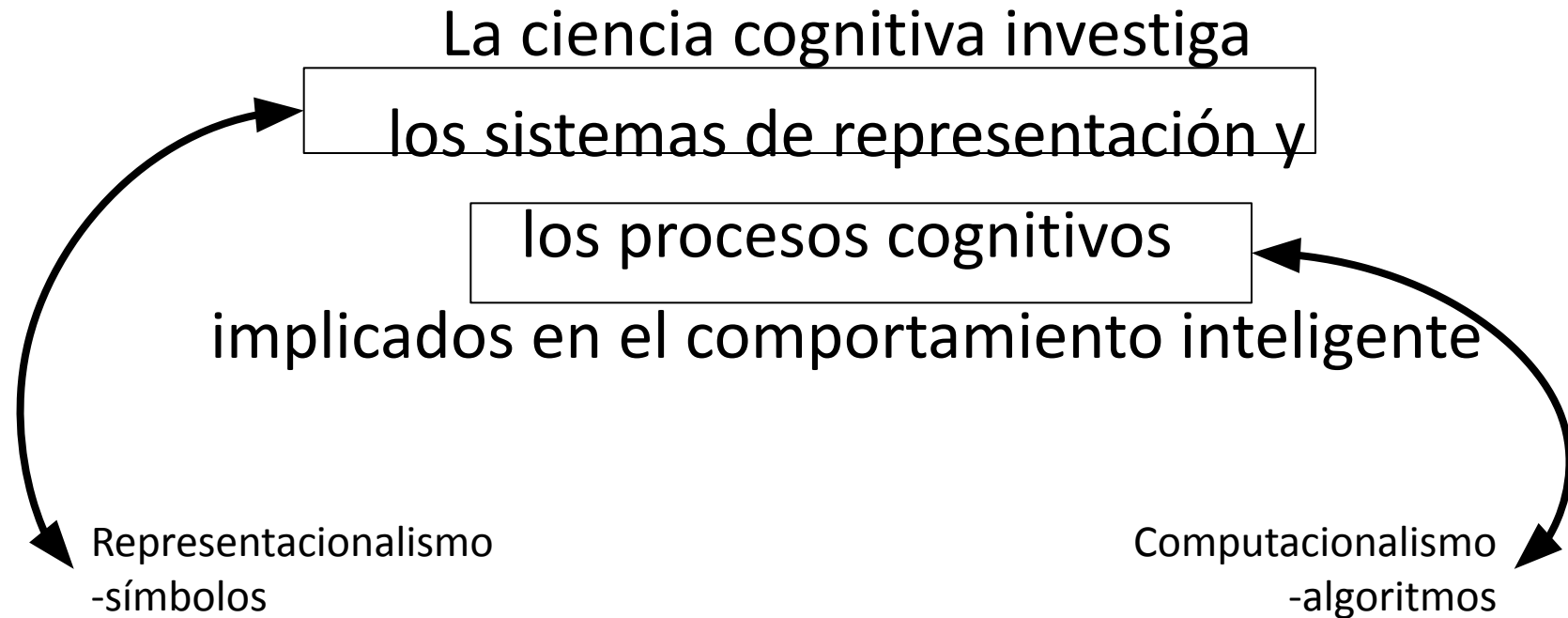
“Todo organismo vivo está compuesto de diferentes subsistemas componentes; estos responden cuando rasgos específicos del ambiente interno del organismo exceden su rango normal (por presión del ambiente externo o mal funcionamiento de un subsistema). La respuesta permite restaurar el rasgo al rango normal”

El componente se ajusta al cambio externo

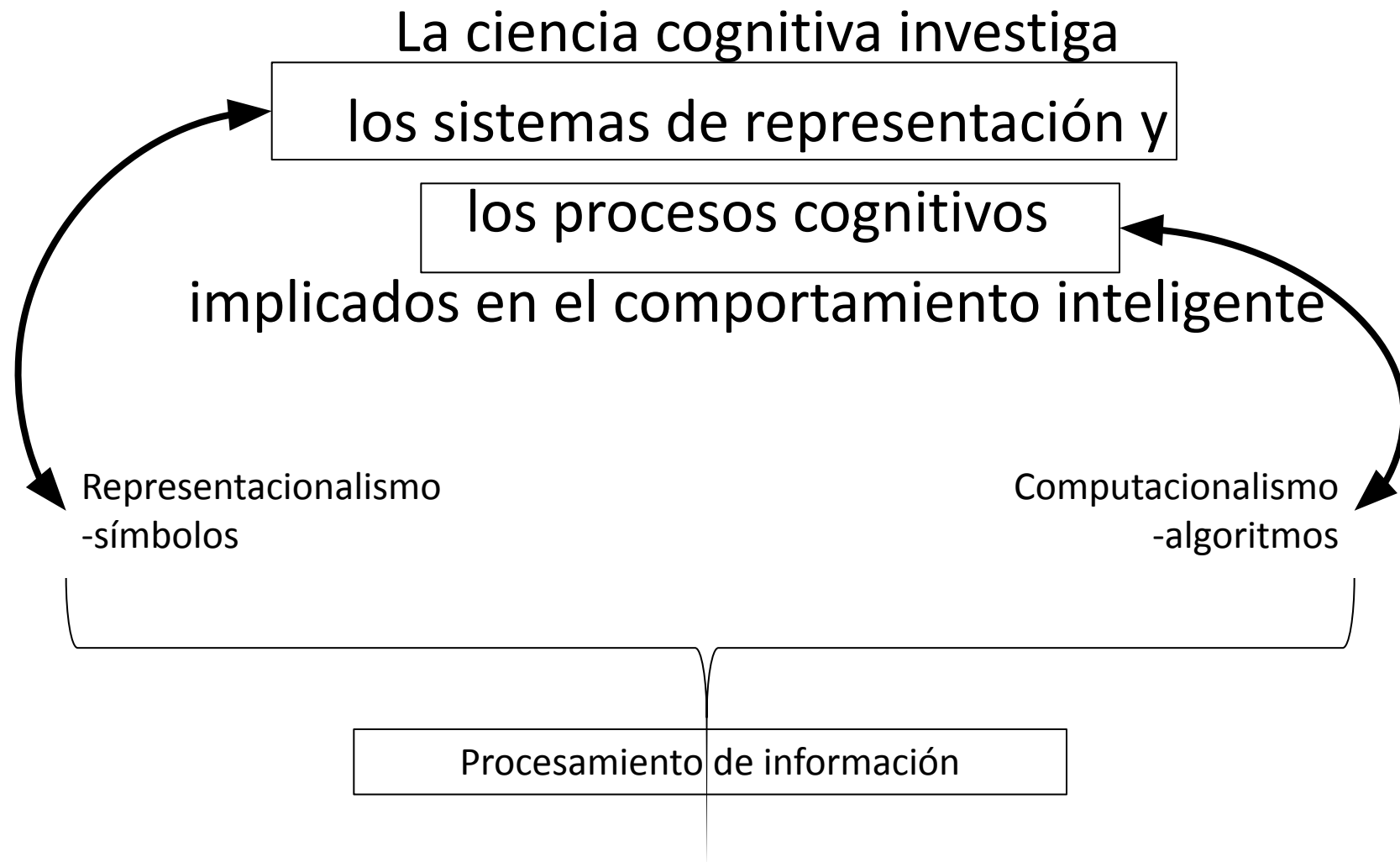
Definición tradicional de la CC

La ciencia cognitiva investiga
los sistemas de representación y
los procesos cognitivos
implicados en el comportamiento inteligente

Definición tradicional de la CC



Definición tradicional de la CC



¿Cómo funciona la mente?

- A través de cualquier dispositivo que pueda representar y manipular elementos físicos discretos: los símbolos. El sistema interactúa solo con la forma de los símbolos (sus atributos físicos) no su significado.

¿Cómo saber que un sistema cognitivo funciona adecuadamente?

- Cuando los símbolos representan adecuadamente un aspecto del mundo real, y el procesamiento de la información conduce a una feliz solución del problema planteado al sistema.

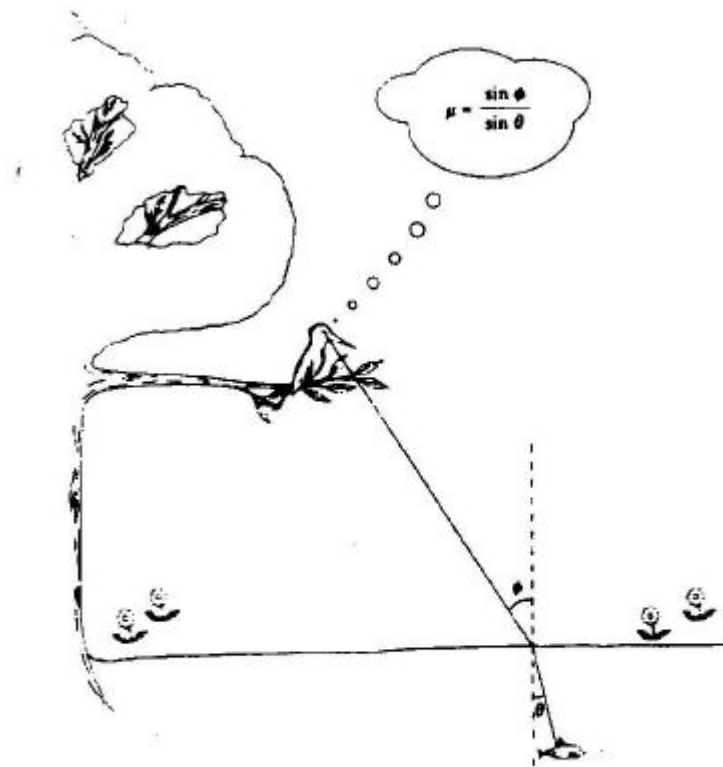


Figura 3. Una caricatura de la revista *Punch* que ilustra sucintamente la hipótesis cognitivista. Para capturar su presa, un martin pescador debe tener en el cerebro la representación de la ley de refracción de Snell.

¿Puede pensar una máquina?

By the early 1950's the old, vague question, Could a machine think? had been replaced by the more approachable question, Could a machine that manipulated physical symbols according to structure-sensitive rules think? This question was an improvement because formal logic and computational theory had seen major developments in the preceding half-century. Theorists had come to appreciate the enormous power of abstract systems of symbols that undergo rulegoverned transformations. If those systems could just be automated, then their abstract computational power, it seemed, would be displayed in a real physical system. This insight spawned a well-defined research program with deep theoretical underpinnings.

¿Puede pensar una máquina?

A principios de la década de 1950, la vieja y vaga pregunta: ¿podría pensar una máquina? había sido reemplazado por la pregunta más accesible: ¿Podría pensar una máquina que manipula símbolos físicos de acuerdo con reglas sensibles a la estructura? Esta pregunta fue una mejora porque la lógica formal y la teoría computacional habían visto desarrollos importantes en el medio siglo anterior. Los teóricos habían llegado a apreciar el enorme poder de los sistemas abstractos de símbolos que experimentan transformaciones gobernadas por reglas. Si esos sistemas pudieran simplemente ser automatizados, entonces su poder computacional abstracto, al parecer, se mostraría en un sistema físico real. Esta idea generó un programa de investigación bien definido con profundos fundamentos teóricos.

¿Puede pensar una máquina?

Could a machine think? There were many reasons for saying yes. One of the earliest and deepest reasons lay in two important results in computational theory. The first was Church's thesis, which states that every effectively computable function is recursively computable. Effectively computable means that there is a "rote" procedure for determining, in finite time, the output of the function for a given input. Recursively computable means more specifically that there is a finite set of operations that can be applied to a given input, and then applied again and again to the successive results of such applications, to yield the function's output in finite time. The notion of a rote procedure is nonformal and intuitive; thus, Church's thesis does not admit of a formal proof. But it does go to the heart of what it is to compute, and many lines of evidence converge in supporting it.

The second important result was Alan M. Turing's demonstration that any recursively computable function can be computed in finite time by a maximally simple sort of symbol-manipulating machine that has come to be called a universal Turing machine. This machine is guided by a set of recursively applicable rules that are sensitive to the identity, order and arrangement of the elementary symbols it encounters as input.

These two results entail something remarkable, namely that a standard digital computer, given only the right program, a large enough memory and sufficient time, can compute any rule-governed input-output function. That is, it can display any systematic pattern of responses to the environment whatsoever.

¿Puede pensar una máquina?

¿Podría pensar una máquina? Había muchas razones para decir que sí. Una de las razones más antiguas y profundas radica en dos resultados importantes en la teoría computacional. La primera fue la tesis de Church, que establece que toda función efectivamente computable es recursivamente computable. Efectivamente computable significa que hay un procedimiento "de memoria" para determinar, en tiempo finito, el *output* o educto de la función para un *input* dado. Calculable recursivamente significa más específicamente que hay un conjunto finito de operaciones que se pueden aplicar a un *input* dado, y luego aplicar una y otra vez a los resultados sucesivos de tales aplicaciones, para producir el *output* de la función en tiempo finito. La noción de un procedimiento de memoria es no formal e intuitiva; así, la tesis de Church no admite una prueba formal. Pero sí llega al corazón de lo que es calcular, y muchas líneas de evidencia convergen en su apoyo.

El segundo resultado importante fue la demostración de Alan M. Turing de que cualquier función recursivamente computable puede ser calculada en tiempo finito por un tipo de máquina manipuladora de símbolos máximamente simple que se conoce como máquina universal de Turing. Esta máquina está guiada por un conjunto de reglas de aplicación recursiva que son sensibles a la identidad, el orden y la disposición de los símbolos elementales que encuentra como *input*.

Estos dos resultados implican algo notable, a saber, que una computadora digital estándar, dado solo el programa correcto, una memoria lo suficientemente grande y suficiente tiempo, puede calcular cualquier función de *input-output* gobernada por reglas. Es decir, puede mostrar cualquier patrón sistemático de respuestas al medio ambiente.

Computación

Allan Turing (1936): La máquina de Turing

Para cualquier serie bien definida de operaciones formales puede diseñarse una máquina de Turing que lleve a cabo esas operaciones.

Una máquina universal de Turing puede simular la operación de cualquier máquina de Turing dada.

Alan Turing



Alan Turing (1912-1954) fue un matemático inglés, de amplios intereses científicos. También de muy joven mostro signos de genio en el estudio de las matemáticas y motivado por los resultados de Gödel se interesó en la lógica matemática. Captó rápidamente la esencia misma del resultado de Gödel y por su cuenta, sin guía formal, dio el siguiente paso (que no vislumbro Gödel) desarrollando su famoso formalismo (conocido hoy como “máquina de Turing”) que captura la noción de procedimiento “efectivo” (esto es, que efectivamente puede realizarse). Con esos antecedentes se va a Princeton donde continúa estudiando con Alonzo Church y se doctora en 1938. Vuelve a Inglaterra en los años iniciales de la Segunda Guerra y se enrola entre los científicos que trabajaban en temas militares, en su caso, descifrando códigos enemigos. Después de la guerra, se dedica a construir el primer computador inglés. Escribe sobre diversas áreas. El gobierno inglés lo persiguió por su condición homosexual y debido a ello, también muere trágicamente.

La formalización del pensamiento

El origen de este tema puede remontarse a la concepción del mundo que se inicia con la filosofía y la ciencia moderna. Descartes es quien representa el esfuerzo filosófico -en el llamado mundo occidental- por instalar el análisis, la disección de objetos intelectuales, la descomposición de un fenómeno complejo en sus partes constituyentes como metodología para evitar errores en el razonamiento y profundizar el conocimiento. Los pensadores y científicos advierten sobre los problemas que trae al conocimiento la vaguedad del lenguaje natural y la falta de precisión en los conceptos. Se consolida así la llamada lógica formal o matemática.

El fondo de estas inquietudes podemos presentarlo hoy de la siguiente forma. Si el razonamiento no es más que una sucesión finita de argumentos, muy precisos, cada uno "evidente" de por sí, cada uno encadenado al siguiente por mecanismos también "obvios", lo que los matemáticos llaman una "demostración"; ¿es posible llevar cada uno de esos encadenamientos, cada uno de esos eslabones, a un extremo de claridad y precisión de tal forma que sean "evidentes" (esto es, no se necesite "inteligencia" para verificarlos)? De esta pregunta surgieron dos temas que nos guiarán: por una parte, los alcances de la formalización tanto del lenguaje como de la lógica, y por otro, los mecanismos de descripción de conceptos y objetos matemáticos de forma que sean susceptibles de ser "construidos" a partir de otros básicos y evidentes.

Maquina de Turing

Turing machines, first described by Alan Turing in Turing 1936–7, are simple abstract computational devices intended to help investigate the extent and limitations of what can be computed. Turing's 'automatic machines', as he termed them in 1936, were specifically devised for the computing of real numbers. They were first named 'Turing machines' by Alonzo Church in a review of Turing's paper (Church 1937). Today, they are considered to be one of the foundational models of computability and (theoretical) computer science.

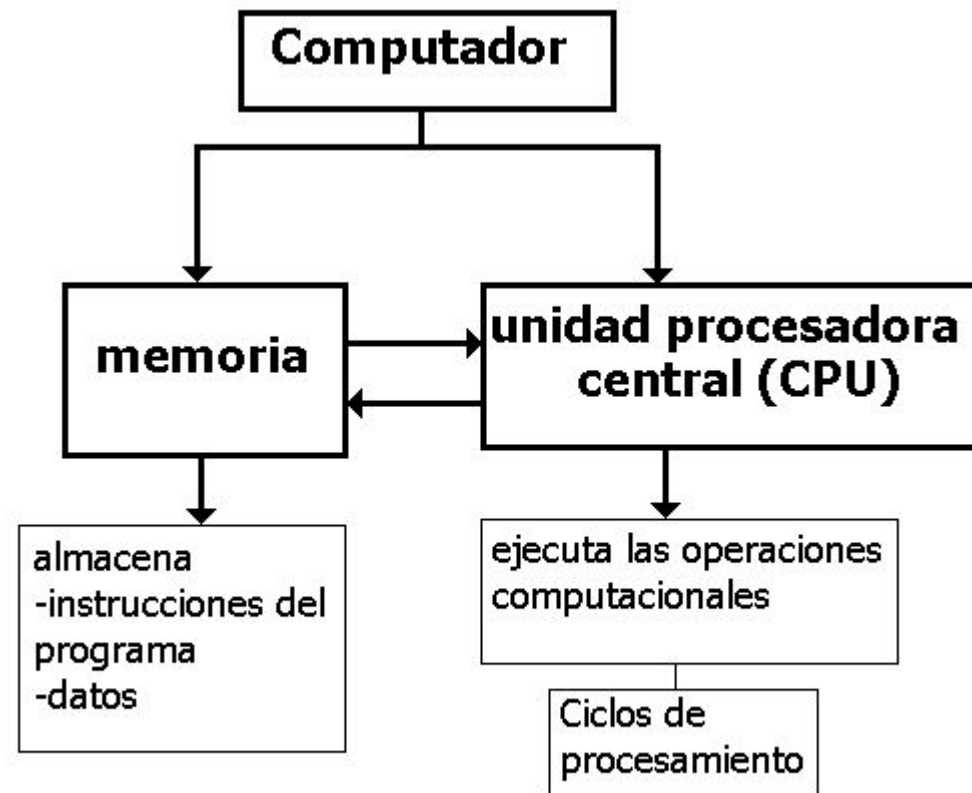
Las máquinas de Turing, descritas por primera vez por Alan Turing en Turing 1936–7, son simples dispositivos computacionales abstractos destinados a ayudar a investigar el alcance y las limitaciones de lo que se puede calcular. Las "máquinas automáticas" de Turing, como las llamó en 1936, fueron diseñadas específicamente para el cálculo de números reales. Fueron nombrados por primera vez "Máquinas de Turing" por Alonzo Church en una revisión del artículo de Turing (Church 1937). Hoy en día, se consideran uno de los modelos fundamentales de computabilidad y ciencias de la computación (teóricas).

Máquina de Turing

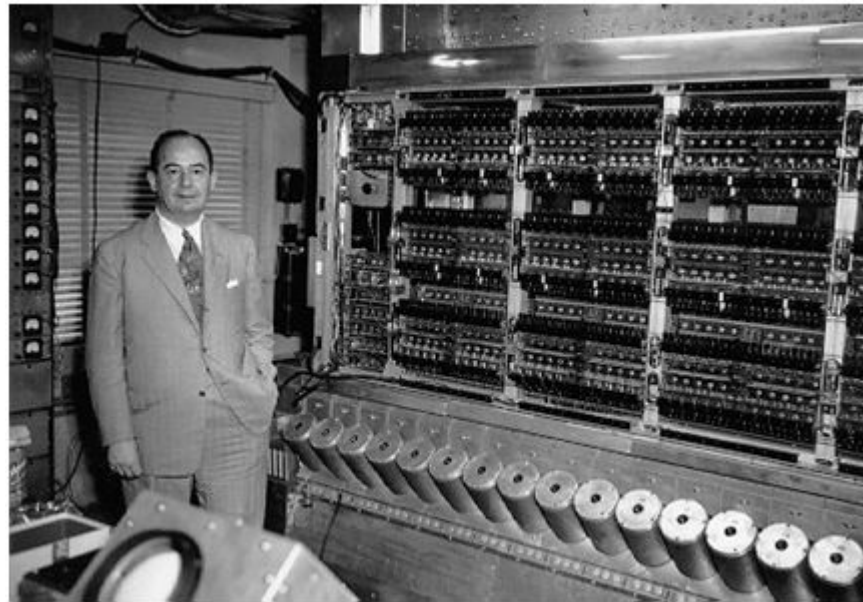
1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

a0	→	1Ia
a1	→	1Ic
b0	→	0Da
b1	→	1Dd
c0	→	Pare
.		.
.		.
.		.
z1	→	0Ds

Arquitectura von Neumann (ENIAC)



John von Neumann



Nacimiento de la CC

Simposio sobre Teoría de la Información, MIT, 10-12, septiembre, 1956

Miller: 11 de septiembre de 1956

- Allen Newell y Herbert Simon, “La máquina de la teoría lógica” (demostración completa de un teorema por una computadora)
- Noam Chomsky, “Tres modelos de lenguaje”
- George Miller, “El mágico número siete”

Howard Gardner, La nueva ciencia de la mente: historia de la revolución cognitiva, Barcelona , Paidós Ibérica, 2000.

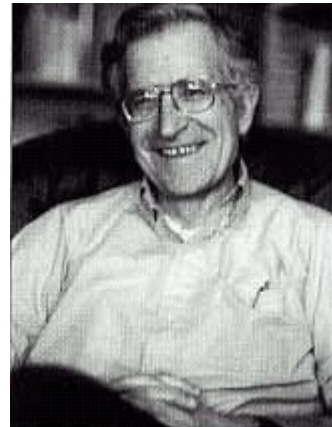
Bechtel, W., Graham, G. and Abrahamsen, A. (1998). The life of cognitive science. En W. Bechtel and G. Graham (Eds.), *A Companion to Cognitive Science*. Oxford: Basil Blackwell.



Newell y Simon

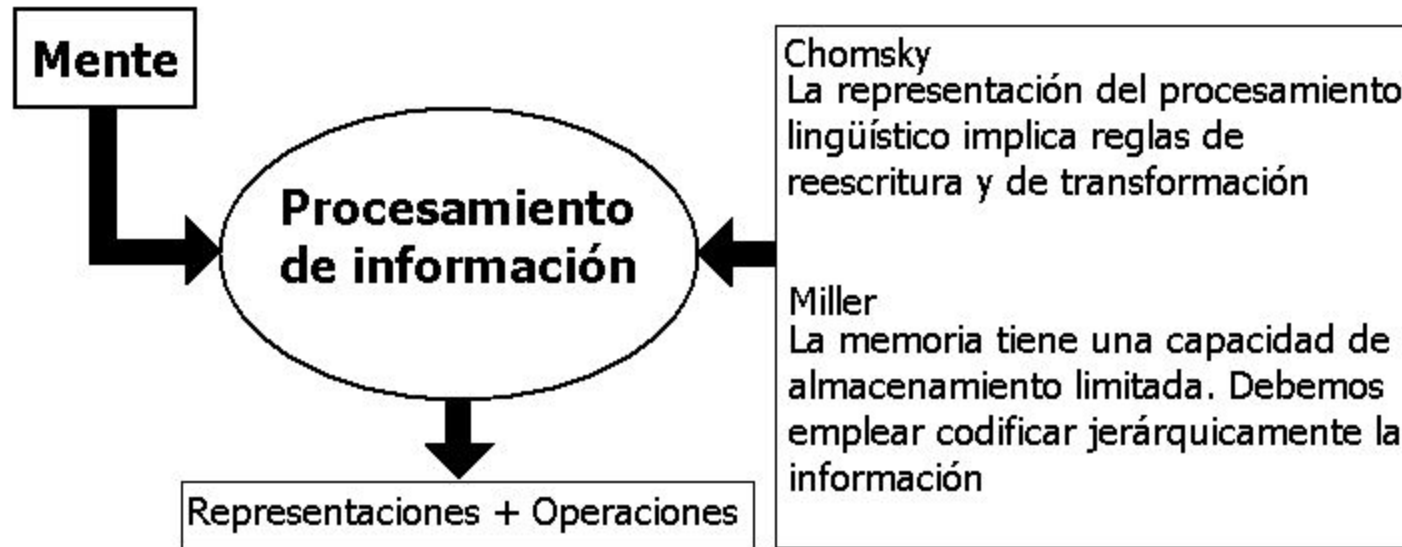


Miller



Chomsky

Simposio MIT



Chomsky, 1959

Reseña de *Verbal behavior* de Skinner

“The grammar must be regarded as a component in the behavior of the speaker and listener which can only be inferred, as Lashley has put it, from the resulting physical acts. The fact that all normal children acquire essentially comparable grammars of great complexity with remarkable rapidity suggests that human beings are somehow specially designed to do this, with data-handling or "hypothesis-formulating" ability of unknown character and complexity

Chomsky, 1959

Reseña de *Verbal behavior* de Skinner

La gramática debe considerarse como un componente en el comportamiento del hablante y el oyente que solo se puede inferir, como Lashley ha dicho, de los actos físicos resultantes. El hecho de que todos los niños normales adquieran gramáticas esencialmente comparables de gran complejidad con notable rapidez sugiere que los seres humanos están de alguna manera especialmente diseñados para hacer esto, con capacidad de manejo de datos o "formulación de hipótesis" de carácter y complejidad desconocidos

Chomsky, 1959

Reseña de *Verbal behavior* de Skinner

The study of linguistic structure may ultimately lead to some significant insights into this matter. At the moment the question cannot be seriously posed, but in principle it may be possible to study the problem of determining what the built-in structure of an information-processing (hypothesis-forming) system must be to enable it to arrive at the grammar of a language from the available data in the available time.”

Chomsky, 1959

Reseña de *Verbal behavior* de Skinner

El estudio de la estructura lingüística puede conducir en última instancia a algunas ideas importantes sobre este asunto. Por el momento, la pregunta no puede plantearse seriamente, pero en principio puede ser posible estudiar el problema de determinar cuál debe ser la estructura incorporada de un sistema de procesamiento de información (formación de hipótesis) para permitirle llegar a la gramática de un idioma a partir de los datos disponibles en el tiempo disponible.

Computacionalismo clásico

La mente es un computador

Datos estructurales + algoritmos = programas

Representaciones mentales + procesos computacionales = pensamiento

