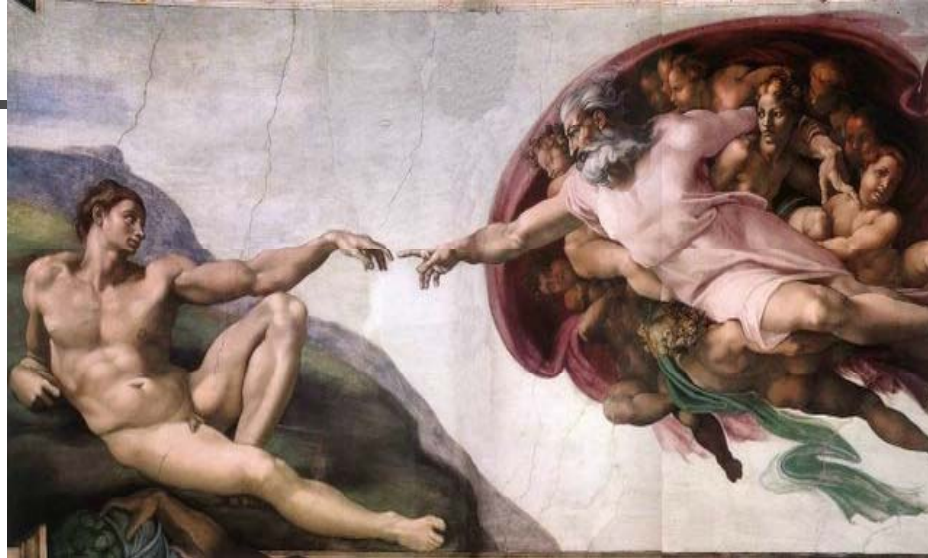


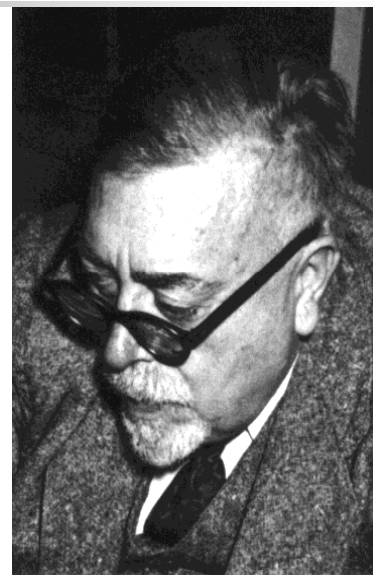
SISTEMAS CONEXIONISTAS

Tema 1: Contexto



Inteligencia Artificial

“En cualquier fase de la técnica, desde Dédalo o Herón de Alejandría, la habilidad del artífice para producir un simulacro mecánico de un organismo vivo siempre ha llamado la atención”.



NORBERT WIENER
1894-1964



Inteligencia Artificial

- Definición: “El estudio del comportamiento inteligente y su implementación en elementos artificiales que lo reproduzcan”
- Otra definición podría ser que es “la rama de la ciencia que se encarga del estudio e implementación de sistemas artificiales que presentan un comportamiento que si lo llevara a cabo un humano, se diría que es inteligente.”
- El científico y premio nobel español Santiago Ramón y Cajal ha sido el primero en utilizar términos como “ingeniería Neuronal”



3



Simbiosis Neurociencia e Inteligencia Artificial

- Dentro del camino simbiótico entre la Neurociencia y la IA:
 - Es revelador el hecho de que varios de los padres indiscutibles de la ciencia de la computación, como son Wiener, Von Neumann y Turing, dedicaran una gran parte de su vida al estudio de la inteligencia humana.
 - También es revelador el hecho de que los grandes científicos que sentaron muchas de las bases de la IA, sobre todo Cajal, Hebb y McCulloch, provienen del ámbito de la Neurociencia.

4



Simbiosis Neurociencia e Inteligencia Artificial

- Unidas pretenden alcanzar unos objetivos que beneficien el avance científico en ambas:
 - Comprender cómo funciona el cerebro, intentando reproducir diferentes fenómenos y comportamientos de los seres vivos.
 - Construir máquinas y sistemas que presenten un comportamiento inteligente.

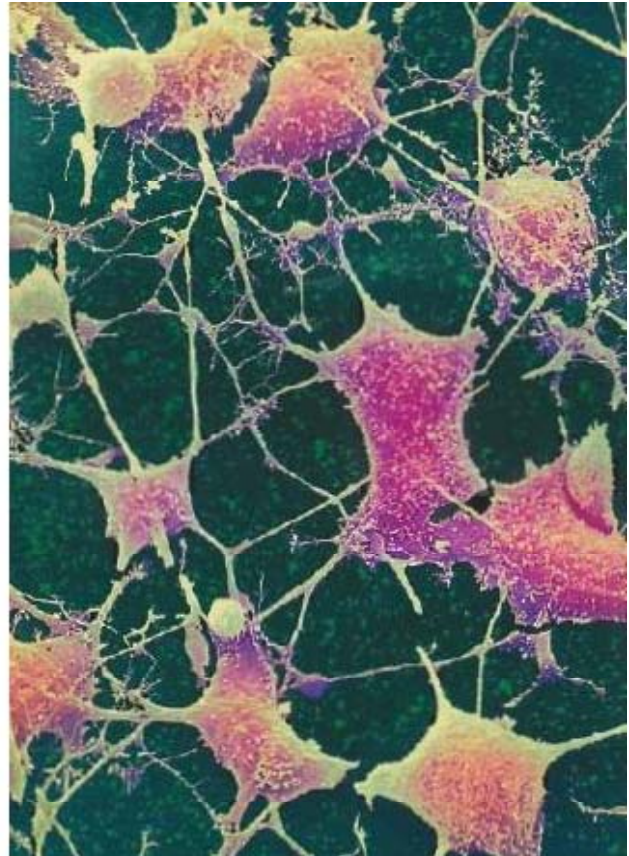
5



Simbiosis Neurociencia e Inteligencia Artificial

- “Comprender cómo funciona el cerebro”
beneficia:
 - Directamente a la **Neurociencia** porque trata de ayudar a desvelar el gran misterio que es todavía el funcionamiento del sistema nervioso.
 - A la **IA**, ya que cuantos más conocimientos se posean sobre el cerebro más fielmente podremos plasmarlos para construir sistemas y máquinas con comportamientos inteligentes.

6

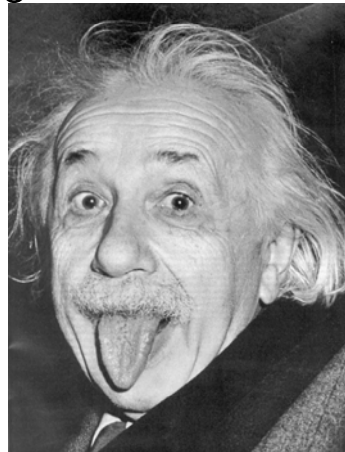


Simbiosis Neurociencia e Inteligencia Artificial

- Construir máquinas y sistemas que presenten un comportamiento inteligente **beneficia**:
 - A la **Informática** - sistemas con mayores capacidades de procesamiento.
 - A la **Neurociencia** - cuanto más evolucionen los sistemas informáticos, mayores facilidades para estudiar el sistema nervioso:
 - Se podrán **probar más fielmente las hipótesis** que se planteen en los laboratorios de Neurociencia.
 - Puede que en la computadora **se expliquen fenómenos biológicos no entendidos** todavía.

Inteligencia Artificial

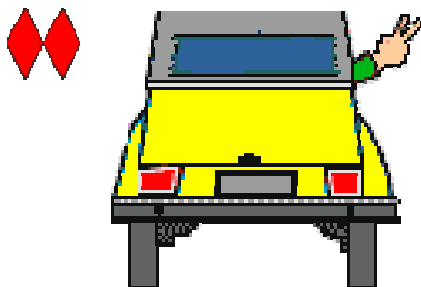
- Todos tenemos clara la diferencia entre un sistema biológico inteligente y otro artificial



9

Inteligencia Artificial

- Incluso tenemos bastante claro cómo se crean cada uno de ellos



10

Inteligencia Artificial

■ Alan M. Turing (1950)

- *“ser amable, hermoso, amistoso, tener recursos, iniciativa, sentido del humor, distinguir el bien del mal, cometer errores, enamorarse, disfrutar de las fresas con nata, hacer que alguien se enamore de él, aprender de la experiencia, utilizar las palabras con propiedad, ser el sujeto de su propio pensamiento, comportarse de maneras tan diversas como las personas, hacer algo nuevo de verdad”*



11

Test de Turing (TT)

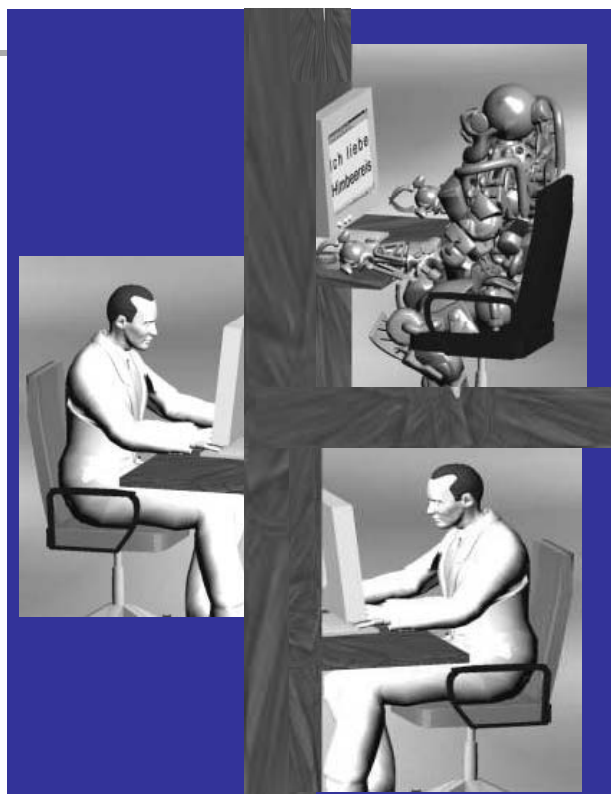
•El intento más serio de definir formalmente la inteligencia lo hace Turing con “el juego de la imitación”

VP: ¿Puedo utilizar la computadora esta mañana?.

TTP: ¿Por qué me preguntas eso?

VP: Pienso que podría hacer unas ventas adicionales de nuestro sistema.

TTP: ¿Por qué no estás seguro?





VP: Mis clientes no han visto nunca una demostración del sistema.

TTP: ¿Significa esto mucho para Vd.?

VP: Por supuesto.

TTP: Parece Vd. Muy seguro.

VP: Esto es absurdo.

TTP: ¿Qué quiere Vd. decir con que esto es absurdo?

VP: ¿Existe alguna razón por la que no pueda utilizar la computadora ahora?

TTP: Cuénteme más cosas de sus clientes.

VP: Por favor, telefonéame al 491-1850

El vicepresidente debía estar tan enfurecido por lo que creía una broma pesada de Bobrow, que se olvidó de poner un punto en la última frase. Que era lo que le determinaba al sistema el fin de la sesión...Y nada hizo.



Inteligencia Artificial

- Si acudimos al RAE nos encontramos con la siguiente definición: “Es la facultad intelectual de conocer”.
- Según el “Webster New College Dictionary” es “la capacidad de resolver, hasta un cierto grado, un problema de control adaptativo”. Poder enfrentarse a cualquier situación, en especial las nuevas, con éxito por ajustes de la conducta propia.



Inteligencia Artificial

Para Schank, los seres integrantes presentan las siguientes características:

- Comunicación
- Conocimiento: consciencia
- Conocimiento del entorno: Incluye encontrar y visualizar la información del entorno. Memorizar y proyectar su pasado al "hoy sostenido" (aspectos inevitables)
- Intencionalidad: Comportamiento guiado por las metas
- Inferencia y Razonamiento: El conocimiento es más que la suma de las partes. Supone capacidad de abstracción, de analogía y de sentido común.
- Indexación: organización eficiente del conocimiento.



Inteligencia Artificial

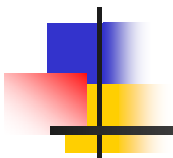
- Aprendizaje: Wiener dice que "si la transformación de una entrada al sistema en una salida está sustentada a cierto criterio de validez de funcionamiento, y si el método de transformación se ajusta a fin de que tienda a mejorar el funcionamiento del sistema de acuerdo con ese criterio, se dice que el sistema aprende.
- Curiosidad: entendida como interés por conocer
- Creatividad: Quizá sea esto lo que diferencia sustancialmente al hombre del resto de los animales superiores. Supone usar algo conocido de una manera novedosa o incluso inesperada



Ramas clásicas de la IA

- La IA se desarrolló con dos aproximaciones clásicas:
 - Rama simbólica: simulación
 - Sistemas Expertos
 - Rama conexionista: emulación
 - Redes de Neuronas Artificiales

17



SISTEMAS CONEXIONISTAS

Tema 1: Evolución Histórica

- **ASPECTO FÍSICO:** Automatas y Homúnculos
- **ASPECTO METAFÍSICO:** "ex nihilo".
- **ASPECTO INTELECTUAL:** Abacos, Máquinas de cómputo, etc.



ASPECTO FÍSICO: Autómatas y Homúnculos

- Estatuas animadas reproduciendo movimientos cotidianos:
 - **En la Edad Antigua:**
 - Egipto
 - "Paloma" de Architas de Tarente
 - "Automatismos defensivos en Siracusa" de Arquímedes contra la flota romana
 - **En la Edad Media:**
 - "León florido y animado" de Leonardo
 - "Mayordomo" de San Alberto Magno
 - **En la Edad Moderna:**
 - "Androides" de los hermanos Droz
 - "Tocador de Flauta y Caramillo" de Vaucanson



ASPECTO METAFÍSICO: "ex nihilo".

- **En la mitología Griega:**
 - TALO (obra de Hefestos) el defensor de la isla de MINOS, asesinado por MEDEA.
 - ANDROIDES de Hefestos, "de oro macizo y con inteligencia en su mente y capacidad de hablar", según le cuenta TETIS a su hijo AQUILES
- **En la Edad Moderna:**
 - Golem de Loew(XVI)
 - Frankenstein
 - Robots Universales de Rossum



ASPECTO INTELECTUAL: Abacos, Máquinas de cómputo, etc.

■ En la Edad Media:

- RAMÓN LLUL con su "ARS MAGNA". Método lógico que ensaya exhaustiva y sistemáticamente todos los caminos permitidos hasta llegar a una solución (Desde los principios elementales de un problema ensaya todas las posibles combinaciones).

■ En la Edad Moderna:

- Máquinas de Pascal, Leibnitz, Freege, Boole, etc.
- Ada Lovelace (colaboradora de Babbage), establece el régimen "las máquinas sólo pueden hacer todo aquello que sepamos como ordenarle que haga. Su misión es ayudar a facilitar lo ya conocido".
- Malzec Chess Automaton de Von Kempelen.
- General Problems Solver de Ernst, Newell y Simon.
- Zuse y Sreyers: 1ª Computadora (1943).
- Programa de Damas de Samuel (1959).



Sistemas Conexionistas.

Evolución histórica y precursores

■ Precursores de los Sistemas Conexionistas en las **Bases Biológicas** (1.890 - 1.940):

- Son **Cajal** con **Sherrington** y **Pavlov** los tres hombres que más han hecho por acercar a una explicación experimental el misterio de la vida nerviosa.
- **Camilo Golgi** es el primero en describir la neurona.
- **Williams** (1.890) describe el primer sistema conexionista afirmando: "cuando dos procesos cerebrales están en activo conjuntamente o cuando existe una inmediata sucesión, uno de ellos tiende a propagar la excitación al otro"



Sistemas Conexionistas. Evolución histórica y precursores

- **Precursores de los Sistemas Conexionistas en las Bases Biológicas (1.890 - 1.940):**
 - **Lashley** (1.900) por ser el primero en estudiar cómo almacenar y procesar información utilizando para ello una representación distribuida de la misma.
 - **Cajal**. Es el propio McCulloch (1.952), quien refiriéndose a las investigaciones de Cajal, dice: "su teoría neuronal ha sido tan fuertemente establecida como la base de nuestra Ciencia, que nosotros ignorábamos qué pasaba antes, y hemos olvidado que él fue el primero que lo propuso". En 1.895, Cajal sienta las bases de lo que él ya llamaba, en aquellos tiempos "Ingeniería Neuronal".



Sistemas Conexionistas. Evolución histórica y precursores

- **Precursores de los Sistemas Conexionistas en las Bases Biológicas (1.890 - 1.940):**
 - **Cajal** (continuación).
 - En 1.888 postula la llamada "Teoría de la Neurona"
 - En 1.890 propone la "Teoría de la Polarización Dinámica"
 - En 1.892 describe la "Teoría Neurotrópica".
 - Dos reflexiones de **Cajal** realizadas hace un siglo:
 - A)** Al no encontrar diferencias cualitativas entre las células del SN de los humanos y de los animales, decidió postular que,; "la superioridad funcional del SN de los humanos estaría relacionada con la abundancia prodigiosa y con la cuantía considerable de las llamadas neuronas de axón corto"
 - B)** "El artificio soberano de la sustancia gris es tan intrincado que desafía y desafiará por muchos siglos la obstinada curiosidad de los investigadores".



Sistemas Conexionistas.

Evolución histórica y precursores

- **Los precursores computacionales (1.940-1960):**
 - **McCulloch y Pitts** (1.943) proponen el modelo de neurona artificial que lleva su nombre "dispositivo binario con dos estados y un umbral fijo que recibe conexiones o sinapsis excitadoras de igual peso e inhibidoras de acción absoluta".
 - **Hebb** (1.949) propone un sistema de aprendizaje para la modificación de la sinapsis denominado "Regla de Aprendizaje Sináptico" o "Regla de Hebb", donde postula que: "una vía de neuronas es reforzada cada vez que dicha vía es usada".
 - **Rochester**, en los años 50 realiza con relativo éxito modelos de RNA basándose en trabajos previos de Hebb.
 - En 1.958 se publica el libro "The computer and the Brain" cuyo autor es **Von Neumann**, quien investiga con nuevos modelos de neuronas artificiales.



Sistemas Conexionistas.

Evolución histórica y precursores

- **Los precursores computacionales (1.940-1.960):**
 - Un psicólogo, **Rosenblatt**, entre 1.958 y 1.962, presenta el Perceptron, máquina con un comportamiento adaptativo capaz de reconocer patrones dotado de la regla del aprendizaje denominado de "autoasociación", donde el estímulo y la unidad de respuesta están asociadas por la acción de las entradas.
 - En 1.959, **Widrow y Hoff** desarrollan ADALINE (Neurona Adaptativa Lineal) que conformarán las MADALINES, las cuales son las primeras RNA aplicadas a un problema del mundo real, puesto que se utilizaron como filtros adaptativos para eliminar ecos y ruidos en las líneas telefónicas comerciales.



Sistemas Conexionistas. Evolución histórica y precursores

- El declive de las Redes de Neuronas Artificiales
 - El declive de las Redes de Neuronas Artificiales hasta casi paralizarse durante casi 20 años, se produce a partir de:
 - La publicación del libro de Minsky y Papert, en 1.969, titulado "**Perceptrons**", donde demuestran las limitaciones en lo que los Perceptrones podían aprender a reconocer y sugieren que, probablemente, no se encontraría solución al problema del aprendizaje en las capas ocultas.
 - "**Informe Lighthill**", emitido en 1.973, el cual desautorizó los objetivos de la Inteligencia Artificial al considerar que, desde el punto de vista científico, Gödel había demostrado que no era factible formalizar, en lógica de primer orden, las teorías científicas y que, por tanto, no era posible crear una teoría automatizada de la inteligencia.



Sistemas Conexionistas. Evolución histórica y precursores

- Resurgir e Impulsores de las Redes de Neuronas Artificiales
 - **Anderson**, un neurofisiólogo que, en esta época, hace las primeras aproximaciones a la "Memoria Lineal Asociativa" en 1.969 .
 - **Fukushima** que desarrolla el "Cognitron" y el "Neocognitron".
 - **Grossberg**, un psicólogo que propone entre otras cosas, en 1.967 la "Teoría de la avalancha" y creará junto con Amari, McClelland, Rumelhart, Edelman, Reeke, Kohonen, Kosko y otros investigadores nuevos modelos de células, arquitecturas y algoritmos de aprendizaje que servirán de base a los modelos más investigados actualmente, los denominados "Modelos Biológicos".



Sistemas Conexionistas. Evolución histórica y precursores

- Renacimiento de las RNA
 - **Hopfield**, presenta, con una fuerte fundamentación matemática y de forma coherente, el modo de trabajar de los modelos de RNA. Establece que las RNA deben ser primero modelos cerebrales y luego dispositivos útiles de procesamiento. Fue clave su claridad y el análisis matemático en los modelos analizados, mostrando cómo deberían trabajar las RNA.
 - La "Máquina Conexionista" presentada por **Daniel Hillis**, la cual consta de más de 65.500 elementos de procesamiento de información dispuestos en paralelo, representa quizá el mayor logro "hardware" realizado hasta la fecha dentro del mundo conexionista.



Sistemas Conexionistas. Evolución histórica y precursores

- Actualmente las RNA son un campo de gran interés debido a varias causas:
 - La habilidad de estos sistemas para aprender automáticamente.
 - Habilidad para poder funcionar de forma aceptable tanto en presencia de información inexacta como cuando se producen deterioros o fallos en sus componentes.
 - Al interés existente por la búsqueda de arquitecturas de computadoras que permitan el procesamiento en paralelo.
 - La similitud con los modelos neurofisiológicos del cerebro, pudiéndose de este modo intercambiar modelos e investigaciones entre los de RNA y Neurociencias, potenciándose ambas.



Nacimiento de las Redes de Neuronas Artificiales

- Se produce como consecuencia de la aparición de tres trabajos teóricos relativos a lo que ahora se conoce como cibernética y que se publican todos el año 1.943.
 - 1) **"Behaviour, Purpose and Teleology"** de **Rosembueth, Wiener** y **Bigelow**, en el MIT, donde sugieren distintas formas de conferir fines y propósitos a las máquinas, es decir, hacerlas teleológicas. Su finalidad última era encontrar un conjunto de principios sencillos que explicaran las actividades de la mente humana, representando igualmente bien las operaciones del cerebro y las actuaciones de artilugios simuladores, sin necesidad de identificar cerebros con máquinas, ni siquiera de explicar los procesos cerebrales sobre la falsa equidad de procesos mecánicos previamente concebidos que los simulen.
 - 2) **"The Nature of Explanation"** de **Craik** (Universidad de Cambridge), quien propone que las máquinas empleen modelos y analogías en la resolución de problemas, esto es, establecer la capacidad de abstracción de las máquinas.



Nacimiento de las Redes de Neuronas Artificiales

- 3) **"A Logical Calculus of the Ideas Inmanent in Nervous Activity"** de **McCulloch** (Facultad de Medicina de la universidad de Illinois), y **Pitts** (matemático del MIT) los cuales basándose en unos trabajos previos de Shannon (creador de la teoría de la comunicación, quien modeló el comportamiento de los circuitos eléctricos con el Álgebra de Boole, estableciendo así la conexión entre la expresión formal de la Lógica y un medio para automatizar esa lógica con circuitos eléctricos) pusieron de manifiesto de que modo las máquinas podían emplear los conceptos de la lógica y de la abstracción, y demostraron cómo cualquier ley de entrada-salida podía modelizarse con una red de neuronas formales por ellos definidas. En ese tiempo se pensaba que las neuronas eran binarias, lo cual era inexacto, resultando por tanto su labor infructuosa en cierta medida, pero que servirá de base para los estudios actuales que buscan leyes y modelos de funcionamiento del sistema nervioso.



Nacimiento de las Redes de Neuronas Artificiales

- A estos tres artículos hay que añadir los trabajos de:
 - **J. Von Neumann**, "padre" de las computadoras actuales basadas en la lógica booleana, con su arquitectura secuencial, sus trabajos sobre autómatas, y sus relaciones entre cerebro y computadora.
 - **A.Turing** con su computadora "Colossus" para descifrar la máquina alemana del cifrado "Enigma", y por la concepción teórica de la "Máquina de Turing", "madre" de todas las computadoras convencionales actuales, quien además publica en 1.950 un provocador artículo que comenzaba de la siguiente forma espectacular: "Me propongo examinar la pregunta siguiente: **¿pueden pensar las máquinas?**".