

# 1. SISTEMAS CONEXIONISTAS: Evolución Histórica

Intentos de simular  
facetas de los seres  
vivos

- A. **ASPECTO FÍSICO:** Automatas y Homúnculos
- B. **ASPECTO INTELECTUAL:** Abacos, Máquinas de cómputo, etc.
- C. **ASPECTO METAFÍSICO:** Seres semejantes al hombre mismo "ex nihilo". FRANKENSTEIN, ROBOTS UNIVERSALES DE ROSSUM, etc.

A. Estatuas animadas reproduciendo movimientos cotidianos: EGIPTO; "Paloma de Architas" de Tarente; "Automatismos defensivos en Siracusa" de Arquímedes contra la flota romana; etc.

B.

## **En la mitología Griega:**

- TALO (obra de Hefestos) el defensor 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 Media:**

- SAN ALBERTO MAGNO CON SU "MAYORDOMO"
- LEONARDO CON SU "LEÓN FLORIDO Y ANIMADO"
- 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:**

- GOLEM DE LOEW (s. XVI)
- ANDROIDES DE LOS HERMANOS DROZ
- TOCADOR DE FLAUTA Y CARAMILLO DE VAUCANSON
- MÁQUINAS DE PASCAL, LEIBNITZ, FREGE, 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.
- PROGRAMA DE DAMAS DE SAMUEL -1959
- ZUSE y SREYERS: 1ª Computadora 1943

## **1.1. Sistemas Conexionistas. Evolución, historia y precursores.**

A los precursores de los Sistemas Conexionistas en las **Bases Biológicas** hay que situarlos temporalmente entre los años de 1.890 y 1.940. Se destacará, por su tremenda importancia, al premio Nobel español D. Santiago Ramón y Cajal, al Nobel italiano Camilo Golgi, a Williams que, en 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" y a Lashley por ser el primero, en 1.900, en estudiar cómo almacenar y procesar información utilizando para ello una representación distribuida de la misma.

Es el propio McCulloch quien, en 1.952, 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". Y ya en 1.895 sienta las bases de lo que él ya llamaba, en aquellos tiempos "Ingeniería Neuronal". Son Cajal con Sherrington y Pavlov los tres hombres que más han hecho por acercarse a una explicación experimental el misterio de la vida nerviosa y Cajal, ya en 1.888, postula la llamada "Teoría de la Neurona", en 1.890 propone la "Teoría de la Polarización Dinámica", y en 1.892 describe la "Teoría Neurotrópica". Se considera necesario hacer constar dos reflexiones hechas por Cajal hace casi 100 años y que conservan toda su vigencia: 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", y b) "el artificio soberano de la sustancia gris es tan intrincado que desafía y desafiará por muchos siglos la obstinada curiosidad de los investigadores".

**Los precursores computacionales** de las Redes de Neuronas Artificiales se situarán entre los años 1.940 y 1.960. Son McCulloch y Pitts quienes proponen en 1.943 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).

En 1.949 Hebb 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 teniendo en cuenta los 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.

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.

El declive de las Redes de Neuronas Artificiales, hasta casi paralizarse durante casi 20 años, viene a partir de la publicación del libro de Minsky Papert publicado 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. Además, también contribuye a este declive el denominado "Informe Lighthill", emitido en 1.973, el cual desautorizó los objetivos de la Inteligencia Artificial al considerar que, desde el punto de vista científico, Godel 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.

En el apartado de Resurgir e Impulsores de las Redes de Neuronas Artificiales se destacará a Anderson, un neurofisiólogo que, en esta época, hace las primeras aproximaciones a la "Memoria Lineal Asociativa" en 1.969, a

Fukushima que desarrolla el "Cognitron" y el "Neocognitron" y, finalmente a 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".

El verdadero renacimiento de las RNA ocurre gracias a Hopfield que 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.

Actualmente las RNA son un campo de gran interés debido a varias causas:

- a) la habilidad de estos sistemas para aprender automáticamente
- b) habilidad para poder funcionar de forma aceptable tanto en presencia de información inexacta como cuando se producen deterioros o fallos en sus componentes
- c) al interés existente por la búsqueda de arquitecturas de computadoras que permitan el procesamiento en paralelo
- d) la similitud con los modelos neurofisiológicos del cerebro, pudiéndose de este modo intercambiar modelos e investigaciones entre los de RNA y Neurociencias, potenciándose ambas.

## **1.2. Nacimiento de las Redes de Neuronas Artificiales.**

Se produce, ya se ha comentado, como consecuencia de la aparición de tres trabajos teóricos relativos a lo que ahora se conoce como cibernética y que, curiosamente, se publican todos en el mismo año de 1.943.

"Behaviour, Purpose and Teleology" de Rosemblyeth, 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.

"The Nature of Explanation" de Craik, en la 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. Expresó, hacia un crítico de las limitaciones de las máquinas, algo tan contundente como: "En vez de ser tu teoría tan amplia como la realidad, lo que pasa es que tu percepción de la realidad es tan estrecha como tu teoría. Por eso ambas coinciden".

"A Logical Calculus of the Ideas Inmanent in Nervous Activity" de McCulloch, en la 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.

A estos tres artículos hay que añadir los trabajos de 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, y los trabajos de 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?".