

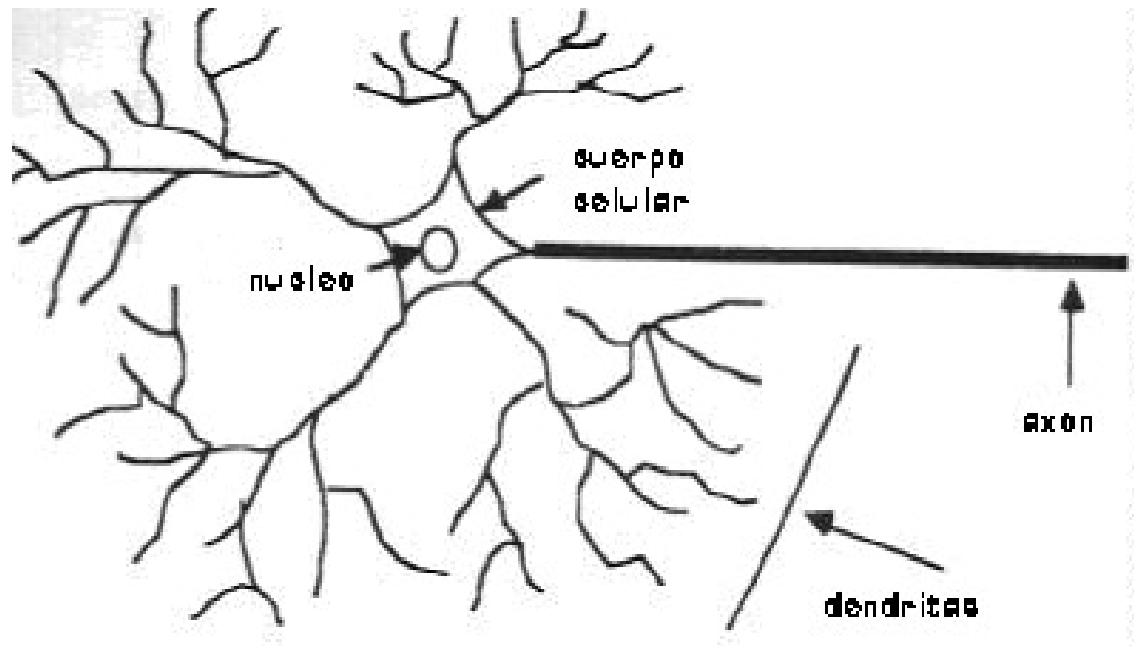
REDES NEURONALES

Introducción

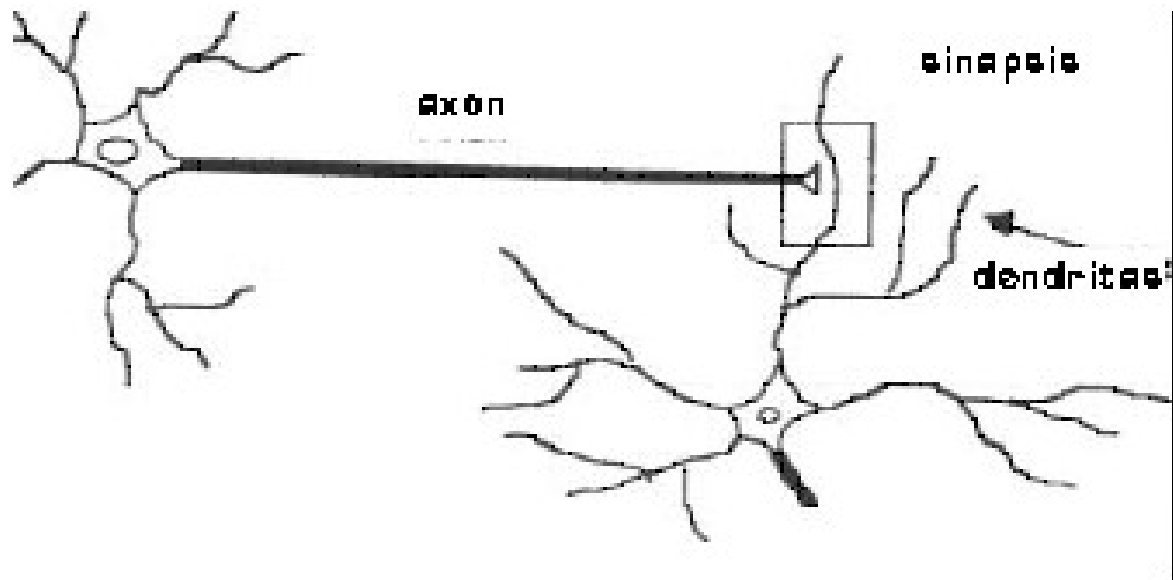
Depto. de Computación – FCEyN – UBA

1er. Cuatrimestre 2022

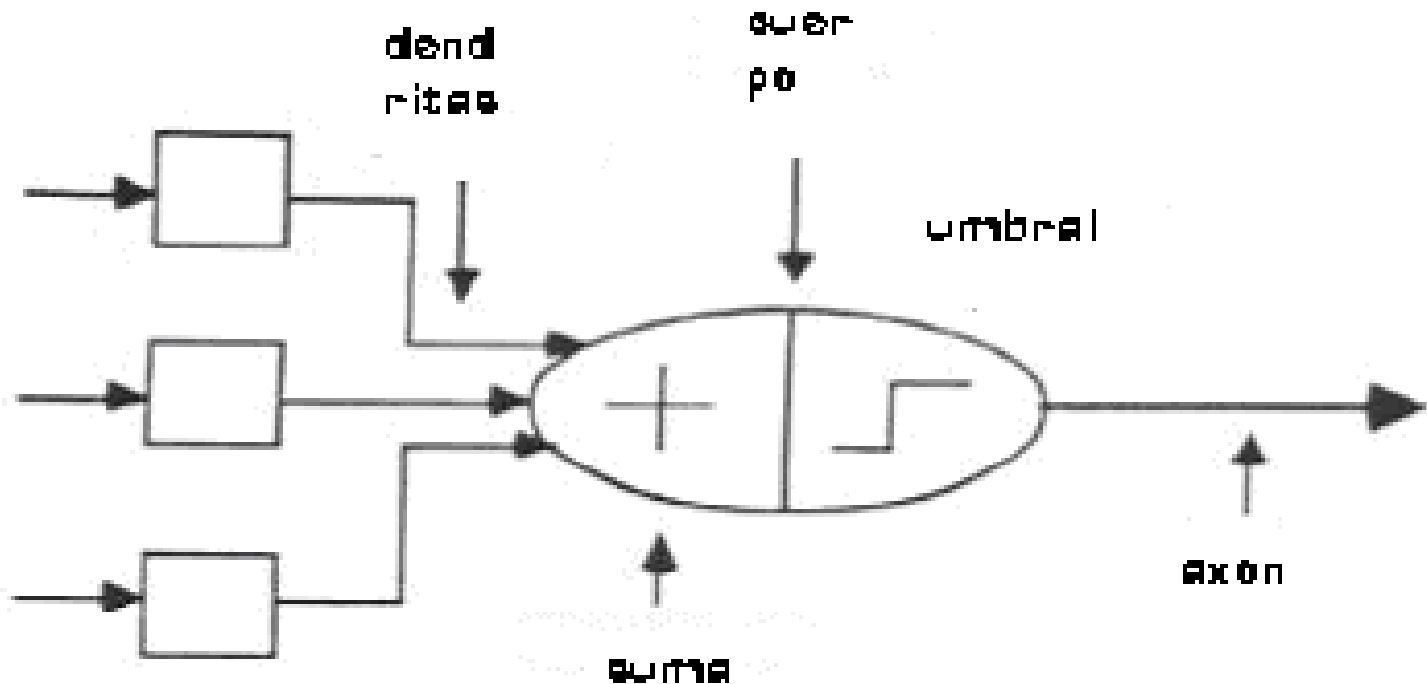
Desde la neurona biológica . . .



La sinapsis

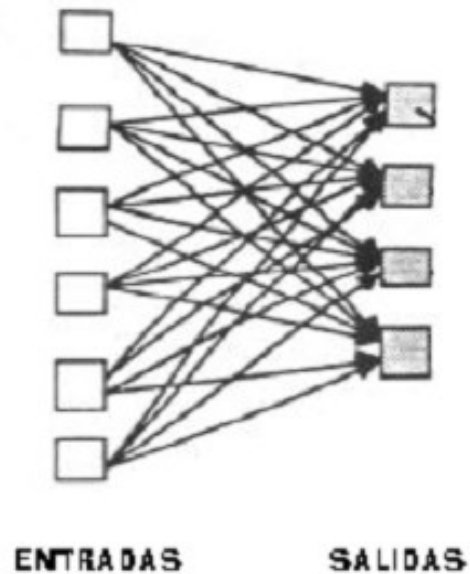


. . . hacia la neurona artificial

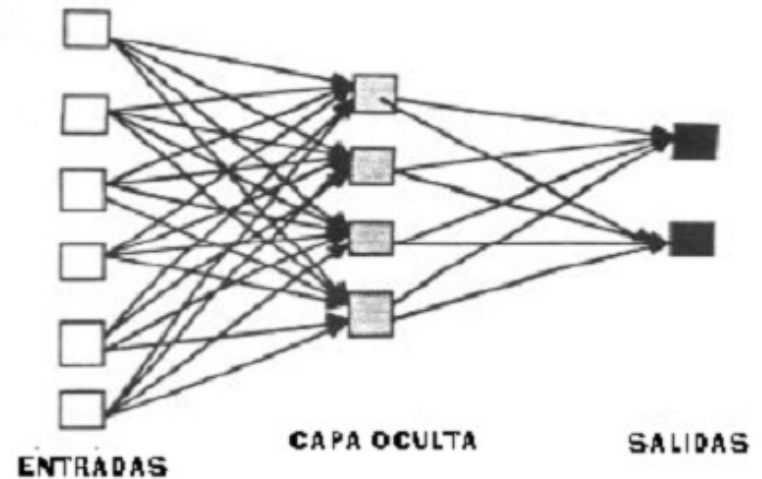


W. McCulloch y W. Pitts, A Logical Calculus of Ideas Immanent in Nervous Activity, *Bulletin of Mathematical Biophysics* 5:115-133

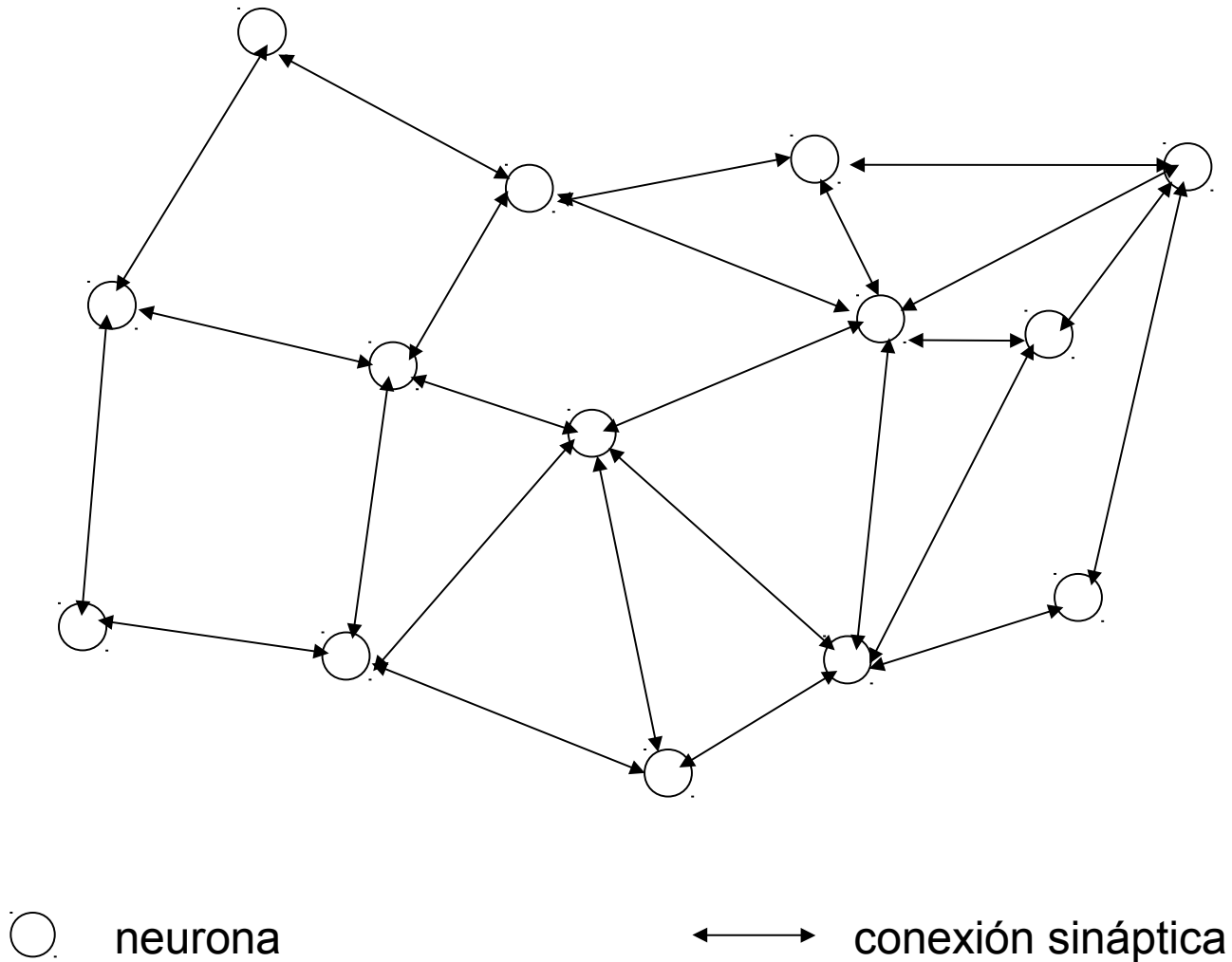
Perceptrón Simple



Perceptrón Multicapa



Red recurrente (Hopfield) *para memoria asociativa*



Paradigma Conexionista / Paradigma Procedural

- *Robustez y tolerancia a fallas:* destrucción parcial conlleva degradación parcial de la performance
- *Aprendizaje Adaptativo:* a partir de datos (estímulos) del entorno -> no requiere programación
- *Neurobiológicamente inspirado*
- *Opera en paralelo:* naturalmente, sin necesidad de supervisión de alto nivel -> apropiado para implementación VLSI
- *Autoorganizado:* se estructura independientemente y representa en forma autónoma la información recibida.
- *Inestabilidad ante fallas:* destrucción de una sola línea de programa puede invalidar completamente su función
Requiere programación: específica para la tarea deseada
- *Basado en instrucciones a un procesador*
- *Opera secuencialmente:* sólo es paralelizable mediante programación ad hoc
- *La forma en que se representa la información debe ser definida por el diseñador*

Computabilidad: Paradigmas

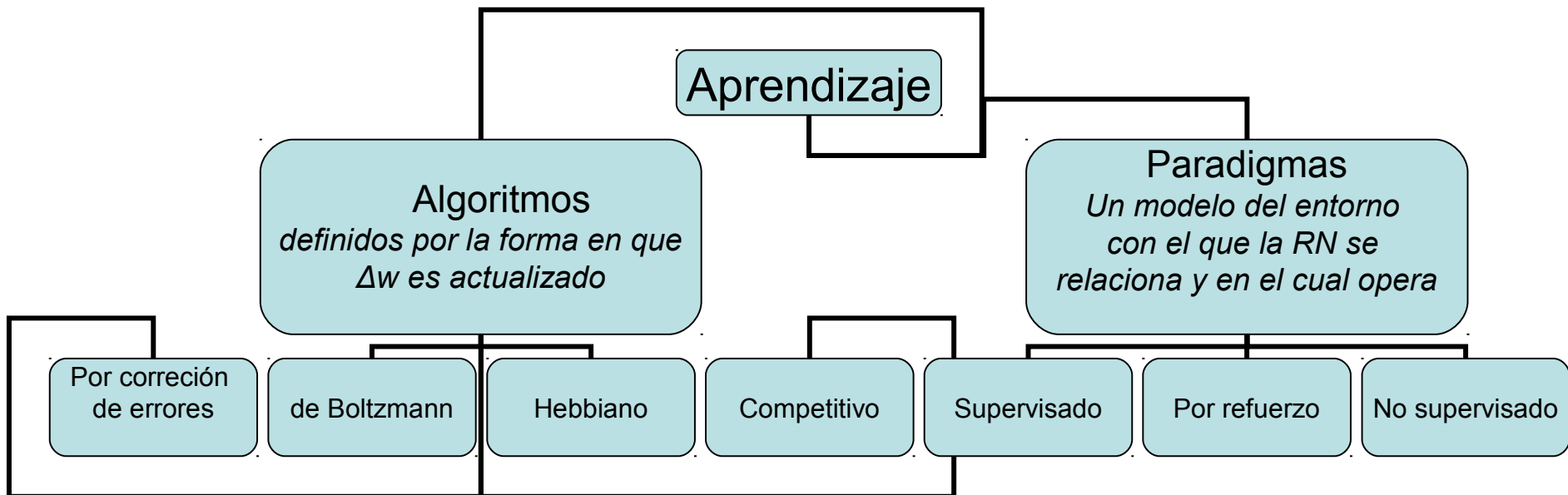
- **Matemático**
 - Hilbert (1926)
 - Wilhelm Ackermann (1928).
 - Funciones recursivas generales
 - Kleene-Church: cálculo lambda (1936)
 - Tesis de Church: Funciones computables = Funciones recursivas generales
- **Lógico-operacional**
 - Alan Turing (1936)
- **Computacional** (=con computadoras)
 - Konrad Zuse (Berlín, 1938-44)
 - Mark I (Harvard), Eniac
 - Mark I (Manchester)
- **Autómatas celulares**
- **Biológico** (redes neuronales)
 - McCulloch & Pitts (1943)
 - N. Wiener (1948)

El proceso de aprendizaje

Por el cual los parámetros libres de una RN son adaptados a través de los estímulos del entorno en el cual está inmersa

→ *El tipo de aprendizaje es determinado por la forma en que tienen lugar los cambios en los parámetros:*

$$w(n+1) = w(n) + \Delta w(n)$$



Historia

La evolución del pensamiento conexionista no ha sido parsimoniosa

Etapas Cualitativa o de los fundamentos (fines s. XIX – comienzos s. XX):
trabajo interdisciplinario en física, psicología y neurofisiología (Helmholtz, Mach, Pavlov), teorías generales de aprendizaje, visión, condicionamiento.

Etapas Cuantitativa o formal (a partir de los años '40):

- *McCulloch y Pitts* [43]: muestran que las RNA podrían calcular cualquier función aritmética o lógica.
- *Hebb* [49]: el condicionamiento clásico (pavloviano) está presente dadas las propiedades de las neuronas individuales. Propone un mecanismo de aprendizaje en neuronas biológicas.
- *Rosenblatt* [58]: construye el *Perceptrón Simple* y lo aplica exitosamente a reconocimiento de patrones.
- *Withrow y Hoff* [60]: algoritmo de aprendizaje para entrenar RN lineales, similares al Perceptrón de Rosenblatt (regla Δ de aprendizaje).

La Crisis

- *Minsky y Papert* [69]: limitaciones de las redes de Rosenblatt y de Withrow. Estos proponen redes más sofisticadas pero no algoritmos de aprendizaje. Este [momentáneo] fracaso, sumado a la carencia de computadoras digitales potentes, conduce a una impasse de alrededor de una década.

Sin embargo:

- 1972: *Kohonen, Anderson*: redes neuronales que actuaban como memorias
- 1976: *Grossberg*: redes autoorganizadas.

El renacimiento

Debido a:

- *La aparición de nuevos conceptos:*

Uso de mecánica estadística para analizar las propiedades y la dinámica de redes recurrentes capaces de funcionar como memorias asociativas (Hopfield). Algoritmo de Retropropagación para entrenar perceptrones multi-capa, en respuesta a las críticas de Minsky y Papert (*Rumelhart y McClelland*).

- *La disponibilidad de computadoras potentes en las cuales testearlos.*

Nuevas tendencias

- RN y Big data (no tan nuevo)
 - *grandes bases de datos*
 - *alta dimensionalidad*
 - *aprendizaje en paralelo*
 - *desafío de escalabilidad de los modelos*
- Aprendizaje y arquitecturas “profundas”
 - *distintos niveles de representacion*
 - *estructuras feed-forward (redes convolucionales)*
 - *arquitecturas recurrentes “profundas” (máquinas de Boltzmann, LSTM)*
 - *Fuerte orientación a aplicaciones prácticas (imágenes, pattern recognition, procesamiento de lenguaje natural)*

Algunas Aplicaciones

- *Científico-tecnológicas*

Modelado y diagnóstico del sistema cardiovascular, narices electrónicas, análisis de células cancerosas, EEG, ECG, modelos en biología y neurofisiología (memoria, aprendizaje, percepción), bioinformática (predicción de estructuras de proteínas, secuenciamiento de DNA).

- *Industriales*

Bélicas, aeronáutica, electrónica, robótica, procesamiento de señales, automotrices, exploración de petróleo y gas, control de procesos.

- *Servicios*

Médicas (diagnóstico inteligente), entretenimiento (animación, efectos especiales, predicción de tendencias del mercado).

- *Económicas y financieras*

Evaluación de solicitudes de crédito e hipotecas, tasación de propiedades, evaluación de políticas de seguros, predicción de mercados de valores, títulos y monedas, predicción del comportamiento de los consumidores.

Bibliografía

- . ***Neural Networks and Deep Learning***
Charu C. Aggarwal, Springer, 2018
- . ***Neural Networks and Learning Machines***
Simon Haykin, Upper Saddle River, Pearson–Prentice Hall, 2011
- ***Introduction to the Theory of Neural Computation***
John Hertz, Anders Krogh y Richard Palmer; Addison-Wesley
- ***Neural Networks and Deep Learning***
Michael A. Nielsen, Determination Press, 2015 (<http://neuralnetworksanddeeplearning.com/>)
- . ***Neural Networks, a Comprehensive Foundation***
Simon Haykin, Prentice Hall
- . ***Neural Networks. Methodology and applications***
Gérard Dreyfus. Berlin, Springer-Verlag, 2005
- ***Redes Neuronales. Algoritmos, Aplicaciones y Técnicas de Programación***
James Freeman y David Skapura; Addison-Wesley
- ***Neural Network Design***
Martin T. Hagan, Howard B. Demuth, Mark H. Beale
<http://hagan.ecen.ceat.okstate.edu/nnd.html>