

REDES NEURONALES E INTELIGENCIA ARTIFICIAL

UN ABORDAJE DESDE EL APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

FRANCISCO TAMARIT

**GRUPO DE TEORÍA DE LA MATERIA CONDENSADA
FAMAF, UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA**

**INSTITUTO DE FÍSICA ENRIQUE GAVIOLA
UNC-CONICET**

tamarit.fa@gmail.com

Big Data. Economía y Políticas Públicas
Aplicaciones, herramientas y aprendizaje automático
FCE, UNC, 17 de octubre de 2018



INTELIGENCIA ARTIFICIAL

La Inteligencia artificial es el campo científico de la informática que se centra en la creación de programas y mecanismos que pueden mostrar comportamientos considerados inteligentes.

APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

“Es la ciencia de construir sistemas computacionales que mejoran automáticamente con la experiencia y estudia cuáles son las leyes fundamentales que gobiernan todos los procesos de aprendizaje...”

Tom M. Mitchell, 2006



INTELIGENCIA ARTIFICIAL

VOL. LIX. No. 236.]

[October, 1950

MIND

A QUARTERLY REVIEW
OF
PSYCHOLOGY AND PHILOSOPHY

I.—COMPUTING MACHINERY AND INTELLIGENCE

BY A. M. TURING

1. *The Imitation Game.*

I PROPOSE to consider the question, 'Can machines think?' This should begin with definitions of the meaning of the terms 'machine' and 'think'. The definitions might be framed so as to reflect so far as possible the normal use of the words, but this attitude is dangerous. If the meaning of the words 'machine' and 'think' are to be found by examining how they are commonly used it is difficult to escape the conclusion that the meaning and the answer to the question, 'Can machines think?' is to be sought in a statistical survey such as a Gallup poll. But this is absurd. Instead of attempting such a definition I shall replace the question by another, which is closely related to it and is expressed in relatively unambiguous words.



APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

¿Para qué?

- Para entender cómo funcional el aprendizaje en animales (en humanos en especial).
- Para descubrir nuevos conceptos, patrones ocultos, estructuras útiles difíciles de reconocer por la mente humana
- Para resolver problemas similares a los que sabemos resolverlos los seres vivos
- Para construir programas que puedan adaptarse a usuarios o a otros programas.



APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

Decimos que una máquina aprende con respecto a una tarea específica T , una métrica de rendimiento P y un tipo de experiencia E si mejora sustancialmente su rendimiento P para realizar la tarea T a partir de los ejemplos E .

El aprendizaje automático surgió en la frontera entre las Ciencias de la Computación y la Estadística:

- La ciencia de la computación se pregunta cómo construir máquinas capaces aprender automáticamente a resolver problemas y cuales problemas son tratables.
- La estadística se ocupa de estudiar qué se puede inferir de un conjunto de datos a los cuales agregamos un conjunto de suposiciones que modelan el sistema.

La matemática, la física, la ingeniería y la psicología han ayudado notablemente al desarrollo del aprendizaje automático.



APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

Aplicaciones:

- Reconocimiento y procesamiento de lenguaje natural, oral y escrito. Bots de soporte.
- Visión por computadora
- Reconocimiento de imágenes
- Seguridad de datos
- Seguridad personal
- Comercio
- Detección de fraudes
- Fidelización de clientes
- Marketing personalizado
- Recomendaciones personalizadas
- Búsqueda en línea
- Control automático
- Conducción automática de vehículos
- Antivirus
- Detección de intrusos
- Ayuda a disciplinas científicas (genómica, biología, ingeniería, física, geografía, etc).

Las redes neuronales se pueden aplicar a todos ellos



APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

Clasificación

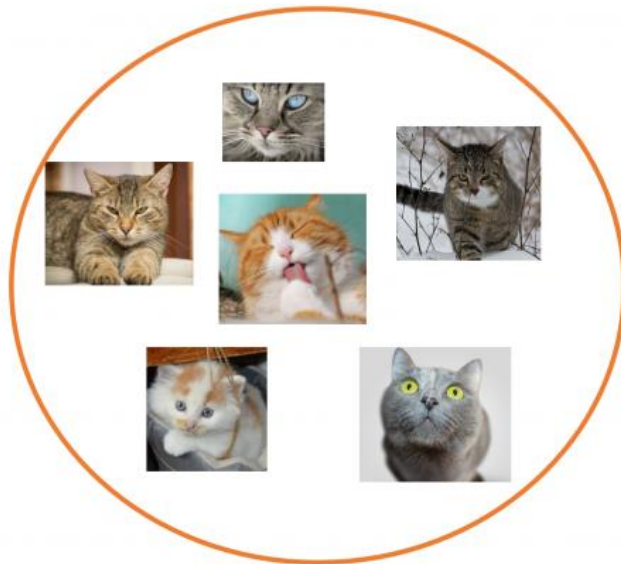
- Algoritmos de regresión
- Árboles de decisión
- Algoritmos bayesianos
- Algoritmos de conglomerado
- Algoritmos de reducción de dimensionalidad
- **Redes neuronales**
 - Perceptrons (back propagation)
 - Redes recurrentes (Hopfield)
- **Aprendizaje profundo**
 - Deep Boltzmann Machine
 - Deep Belief Networks
 - **Convolutional Neural Networks (CNN)**
 - Staked Auto Encoders



APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

Tareas usuales

Clasificación



Cat



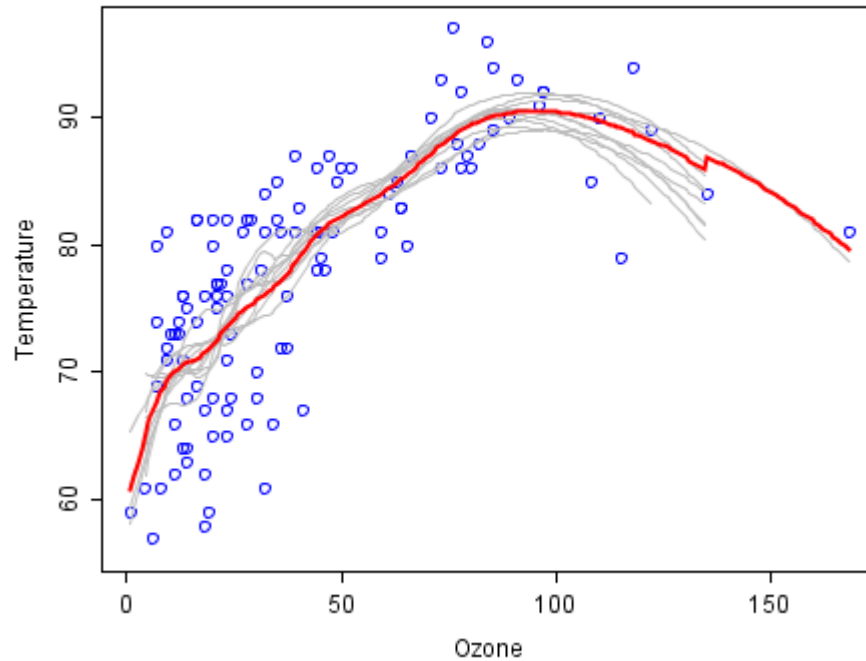
Dog



APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

Tareas usuales

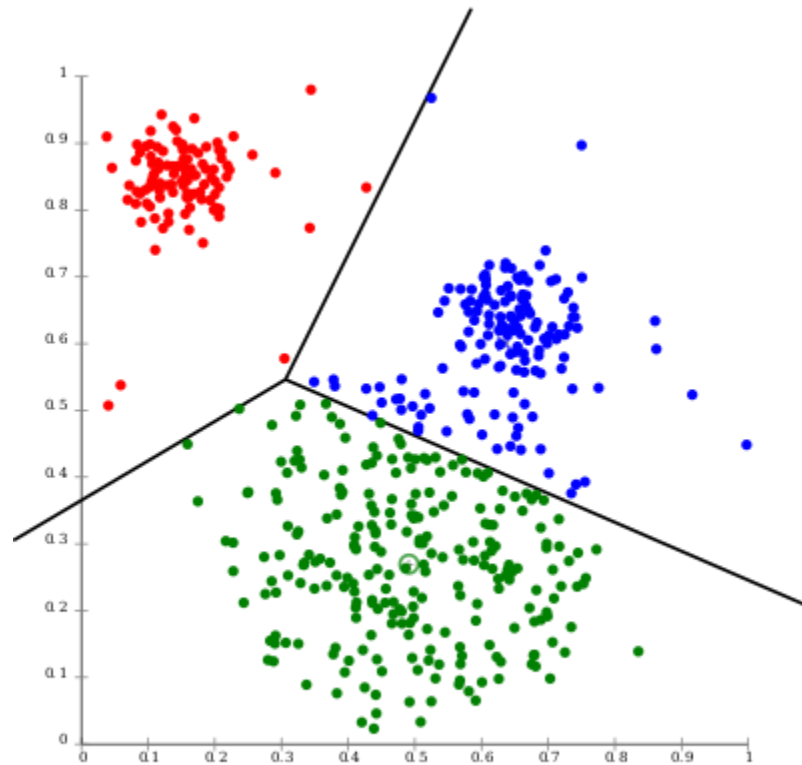
Regresión



APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

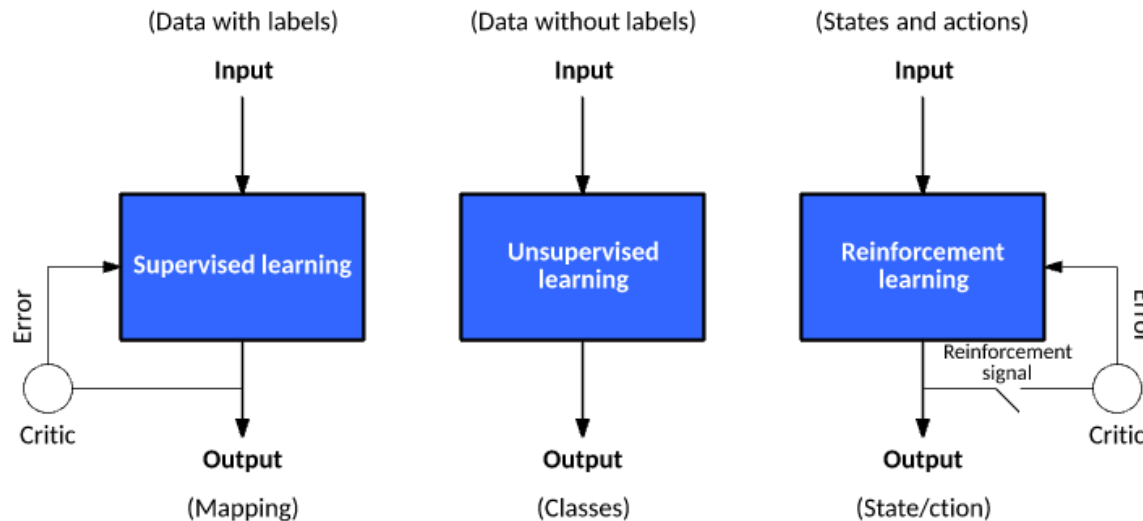
Tareas usuales

Clustering



APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

Algoritmos



En el aprendizaje supervisado los datos incluyen las respuestas correctas. Podemos evaluar a medida que el sistema aprende, cuan bien realiza la tarea.

En el aprendizaje no supervisado no se dispone del resultado deseado y el sistema debe segmentar los datos en “clases” adecuadamente.

En el aprendizaje con refuerzo se agrega una recompensa o un castigo para mejorar el proceso, emulando algunas formas de aprendizaje natural.



REDES NEURONALES

Aplicaciones

- Aprendizaje automático o aprendizaje de máquina.
- Modelado de sistemas neuronales biológicos.
- Modelado de los procesos cognitivos.



REDES NEURONALES

Algoritmo computacional

Un algoritmo se define como una secuencia de instrucciones que representan un modelo de solución para determinado tipo de problema. O también como un conjunto de instrucciones que repetidas en forma ordenada conducen a obtener la solución de un problema.

Autómata

Es una máquina programable capaz de realizar repetidamente ciertas operaciones de manera automática, sin supervisión ni control.



REDES NEURONALES

El cerebro

- Es el órgano más complejo del mundo animal.
- En los humanos pesa cerca de 1,3 kg.
- Contiene aproximadamente 1 000 000 000 000 (10^{12}) neuronas
- Cada neurona se conecta aproximadamente, en promedio, con otras 10.000 neuronas (10^4) . Por lo tanto tiene aproximadamente 10^{16} conexiones sinápticas.
- Consume muy poca energía.
- Almacena a través de asociaciones (memoria se direcciona por contenido).
- Trabaja en forma masivamente paralelo. Posee millones de redes neuronales.
- Es flexible y plástico, lo cual le permite adaptarse y adaptar a los organismos que lo poseen.
- El cerebro es un sistema auto-organizado y no programado.
- Se ocupa de controlar todo el organismo, en sus múltiples funciones.
- Es robusto y tolerante a fallas.



REDES NEURONALES

El paradigma conexionista

“Cuando el axón de una célula A está lo suficientemente cerca de una célula B como para excitarla y participa repetida o persistentemente en su disparo, ocurre algún proceso de crecimiento o cambio metabólico, en una o ambas células, de tal modo que la eficacia de A en disparar a B se ve aumentada”.

Donal Hebb, La organización de la conducta”, 1949



REDES NEURONALES

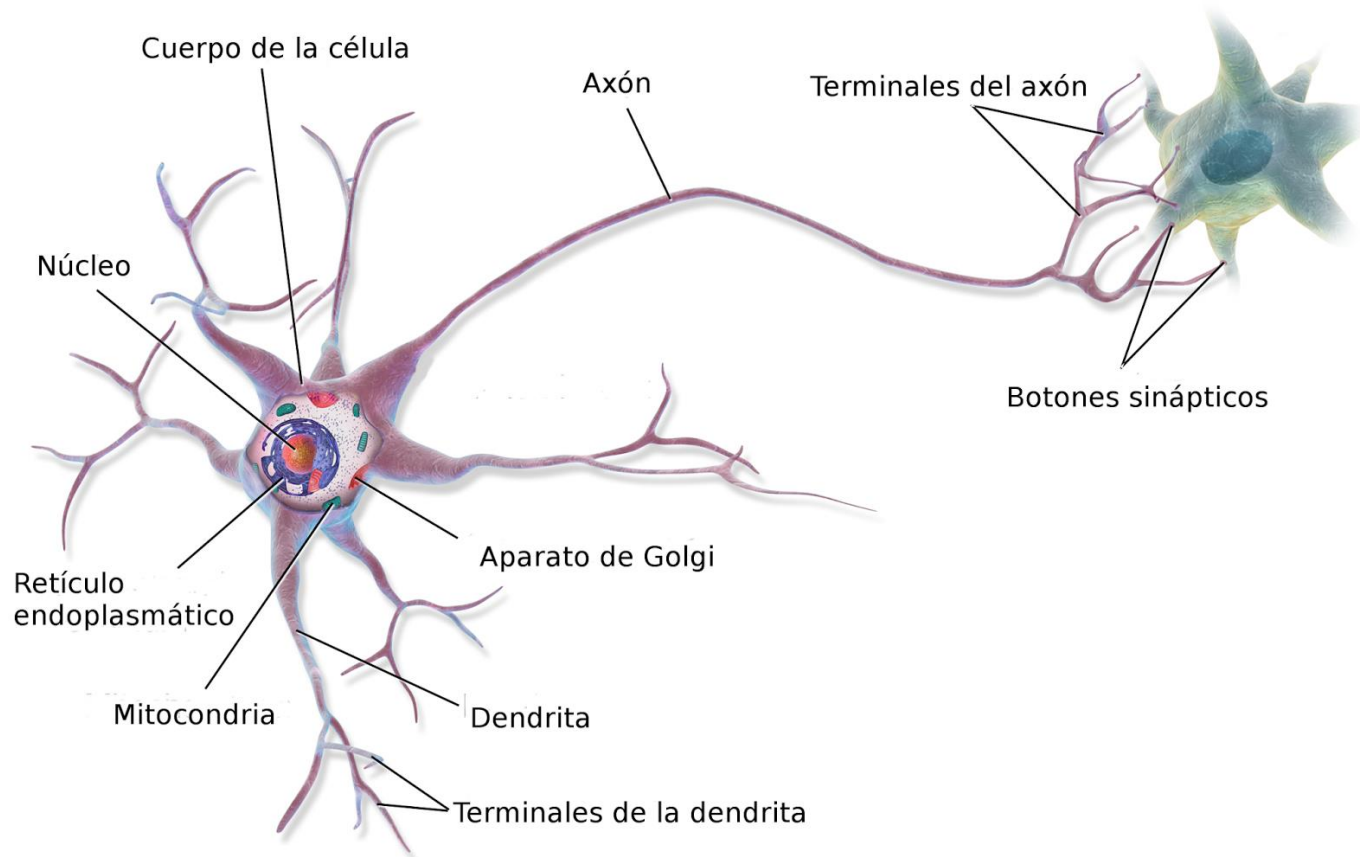
El paradigma conexionista

En **conexionismo** asume que el procesamiento y el almacenamiento de la información recae en la compleja arquitectura de conexiones que forman las neuronas entre sí y con otras células, y que las neuronas son simples unidades de procesamiento y transmisión de señales.



REDES NEURONALES

Las neuronas



Dendritas

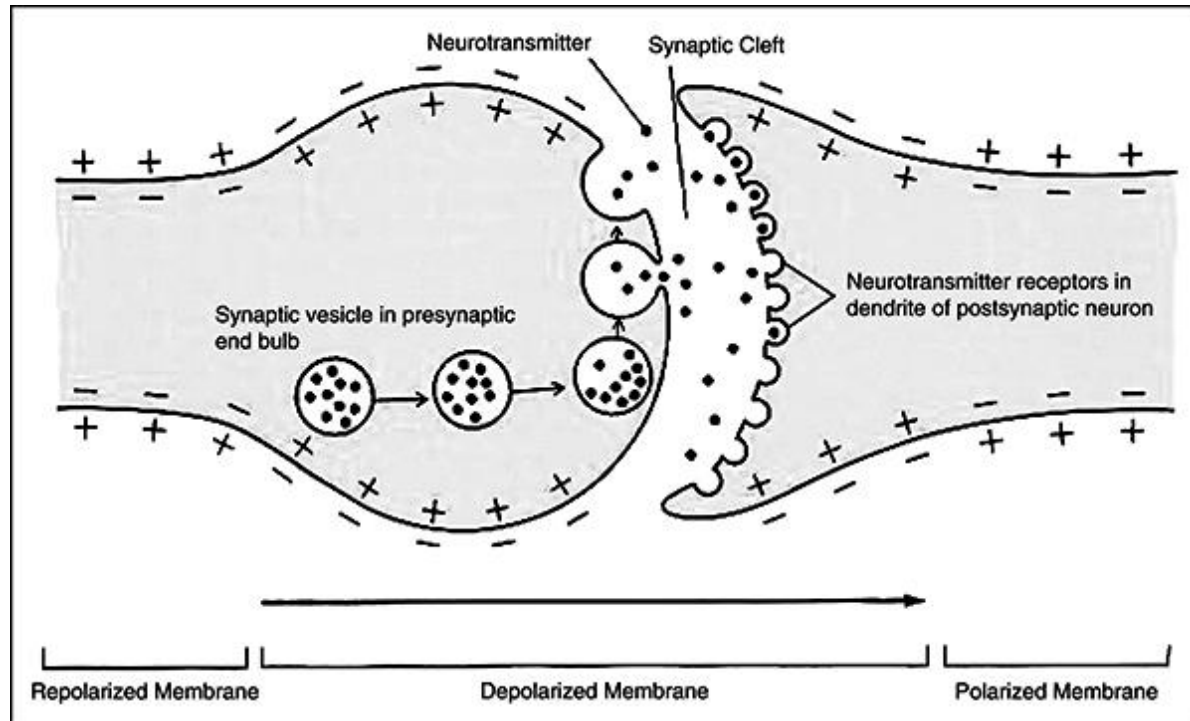


Axón



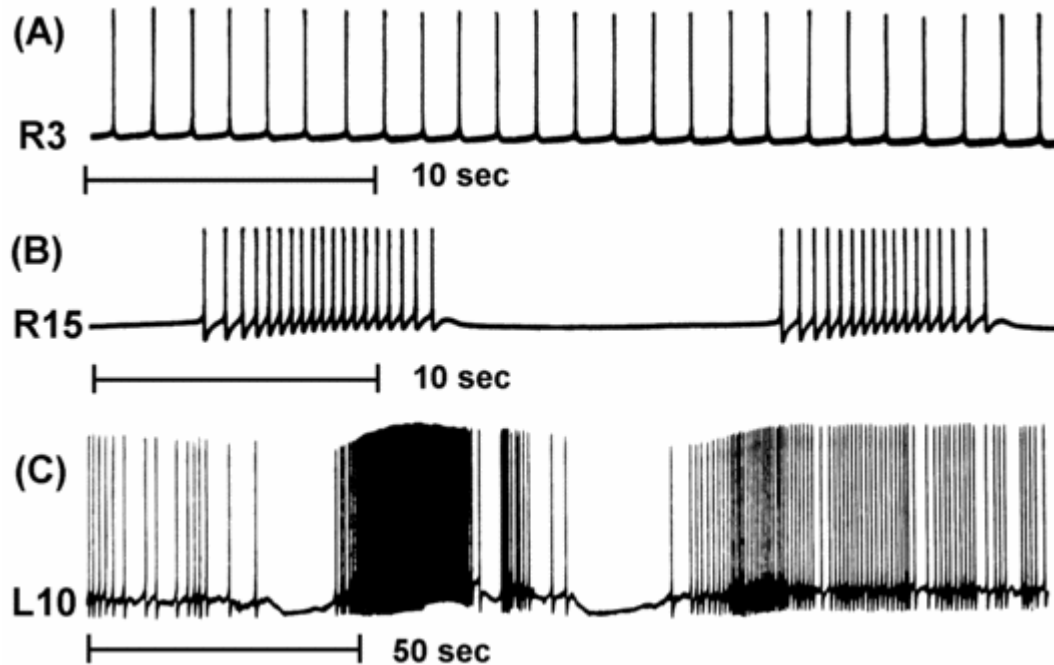
REDES NEURONALES

La sinapsis



REDES NEURONALES

Tren de espigas



tonic spiking

bursting

chattering



REDES NEURONALES

Para definir la red neuronal debemos tener:

- un conjunto de N neuronas artificiales “simples”.
- Una variable y_k para describir el estado de cada neurona ($k=1,..,N$). Así, el estado de la red al tiempo t está dado por el vector

$$(y_1(t), y_2(t), y_3(t), \dots, y_k(t), \dots, y_N(t))$$

- un conjunto de conexiones sinápticas modeladas por una matriz de números reales w_{ij} , que pueden ser positivas, negativas o nulas. Esta matriz determina la arquitectura que almacena y procesa la información.
- Una regla que determina la entrada de cada neurona en función de los disparos de las otras. En general usaremos:

$$s_k(t) = \sum_j w_{jk}(t) y_j(t) + \theta_k(t).$$

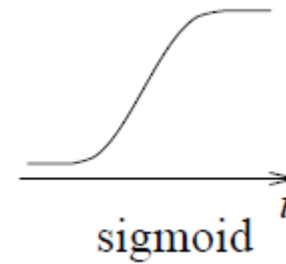
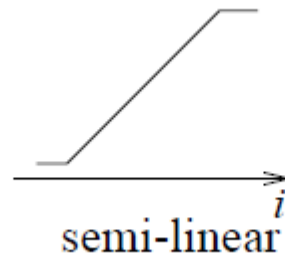
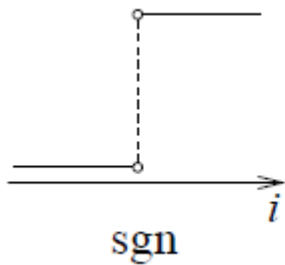
- Un función de activación que determina si la neurona dispara y con cual intensidad.

$$y_k(t+1) = \mathcal{F}_k(s_k(t)) = \mathcal{F}_k \left(\sum_j w_{jk}(t) y_j(t) + \theta_k(t) \right),$$



REDES NEURONALES

- Posibles funciones de activación $F_k(s_k)$



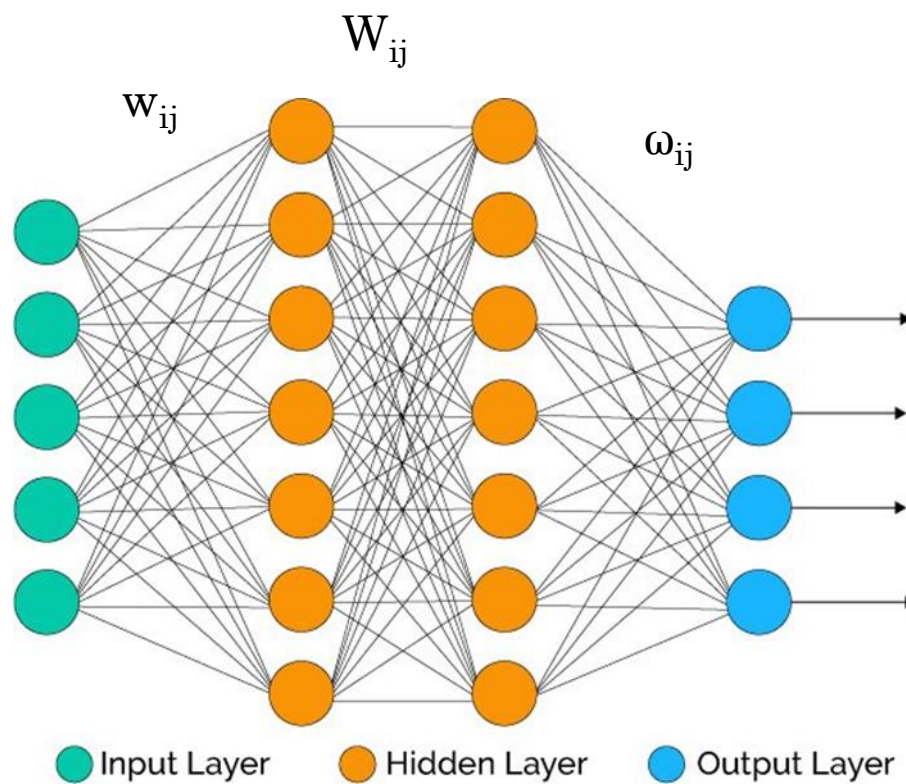
$$p(y_k \leftarrow 1) = \frac{1}{1 + e^{-s_k/T}},$$



REDES NEURONALES

Topologías más comunes

- *Redes feed-forward*



REDES NEURONALES

Topologías más comunes

- *Redes recurrentes*

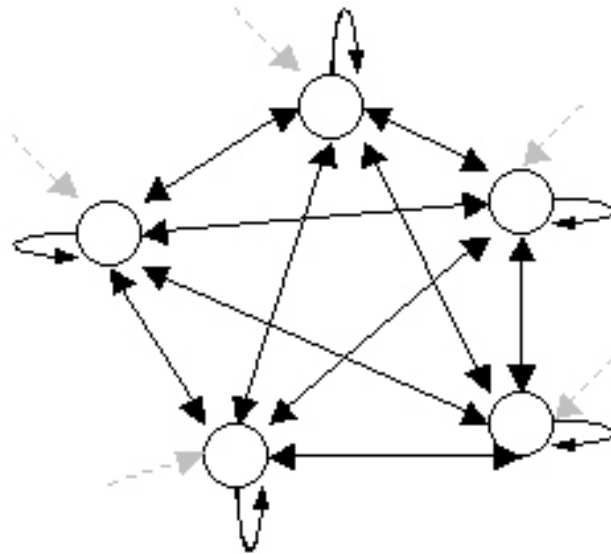
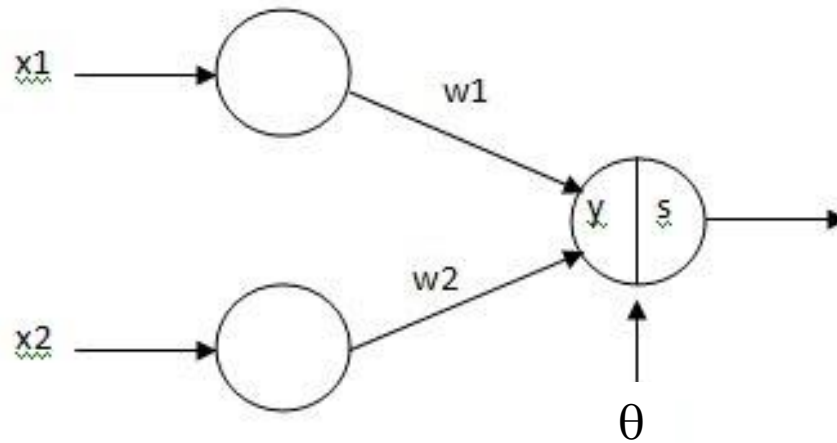


Figura 8: Arquitectura de una Red de Hopfield



REDES NEURONALES

Neurona artificial



$$y = F(w_1 x_1 + w_2 x_2 - w_0)$$



APRENDIZAJE SUPERVISADO

Conexiones sinápticas

El desafío siempre consiste en encontrar la matriz de conexiones w_{ij} que permitan que la red asigne correctamente los patrones de **entrada** con los de **salida** de la actividad que queremos que realice.

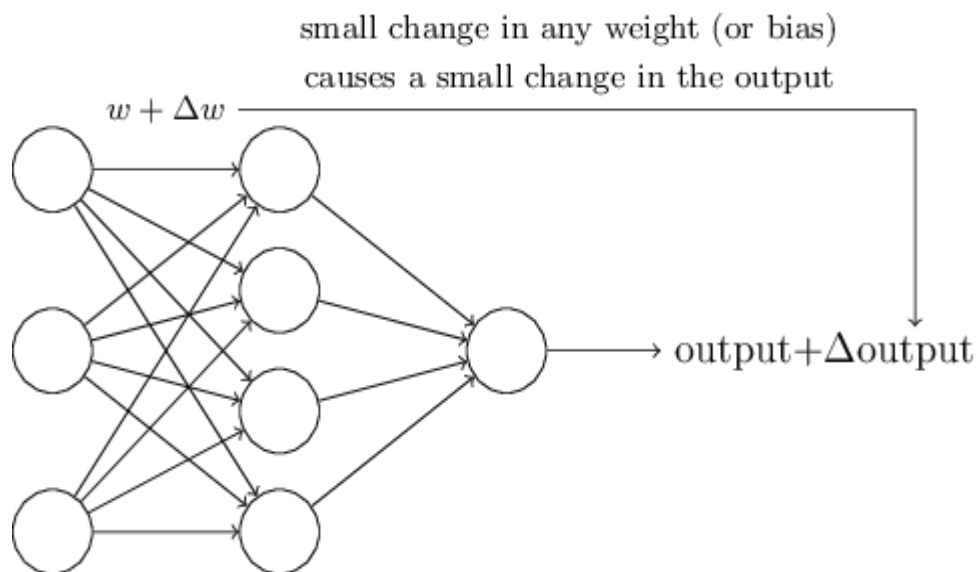
Si el aprendizaje es supervisado, conocemos de antemano un conjunto de relaciones **entrada-salida** correctas etiquetadas con la letra μ . De ellas un subconjunto será utilizado primero para entrenar a la red, o sea, buscar el conjunto de sinapsis $\{w_0, w_1, \dots, w_N\}$, y luego el resto se utilizará para evaluar su desempeño.

Si la red funciona bien, entonces resolverá **casi siempre bien** las relaciones entrada-salida a las cuales nunca ha sido presentada previamente.



APRENDIZAJE SUPERVISADO

Feed Forward y back-propagation



$$E = \sum_p E^p = \frac{1}{2} \sum_p (d^p - y^p)^2,$$

$$\Delta_p w_j = -\gamma \frac{\partial E^p}{\partial w_j}$$

Suma sobre el conjunto
de entrenamiento

Salida correcta

Salida obtenida



REDES NEURONALES

Feed Forward y back-propagation

$$E = \sum_p E^p = \frac{1}{2} \sum_p (d^p - y^p)^2,$$

Corregimos todas las sinapsis de forma tal que minimicen el error, descendiendo por el gradiente

$$\Delta_p w_j = -\gamma \frac{\partial E^p}{\partial w_j}$$



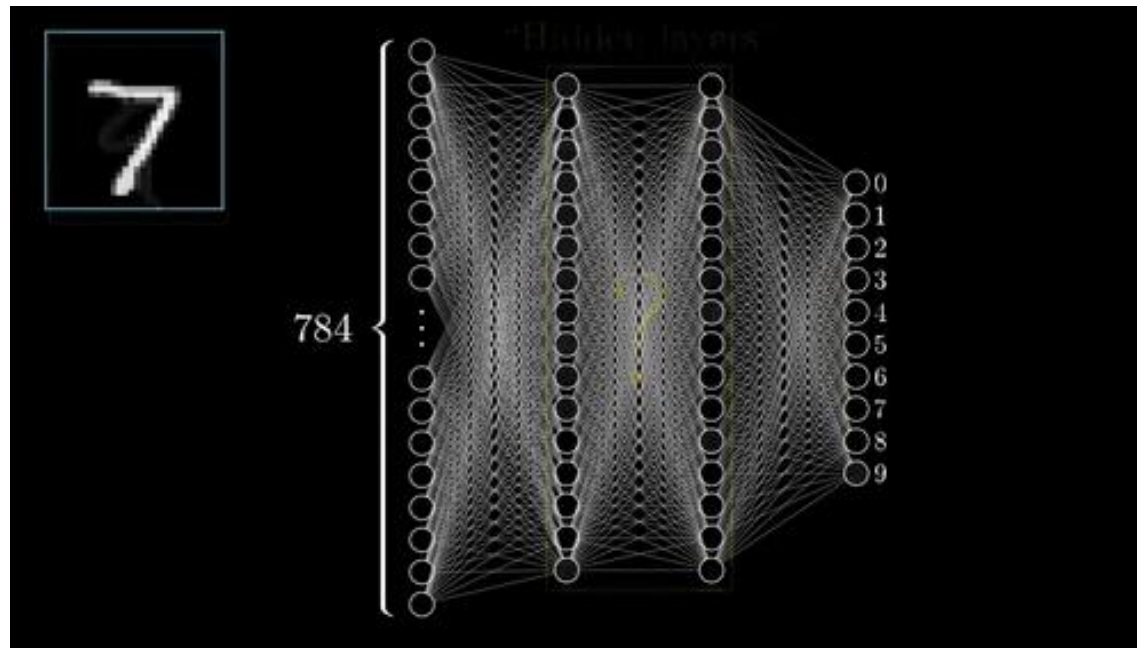
REDES NEURONALES

Un ejemplo



REDES NEURONALES

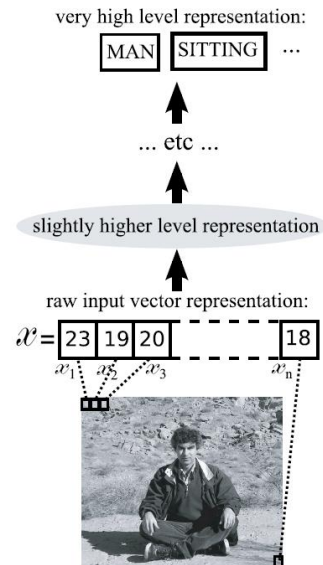
Un ejemplo



REDES NEURONALES

Aprendizaje profundo

Durante mucho tiempo se supo que no se pueden entrenar bien redes con más de unas pocas capas, por diferentes problemas técnicos (matemáticos).

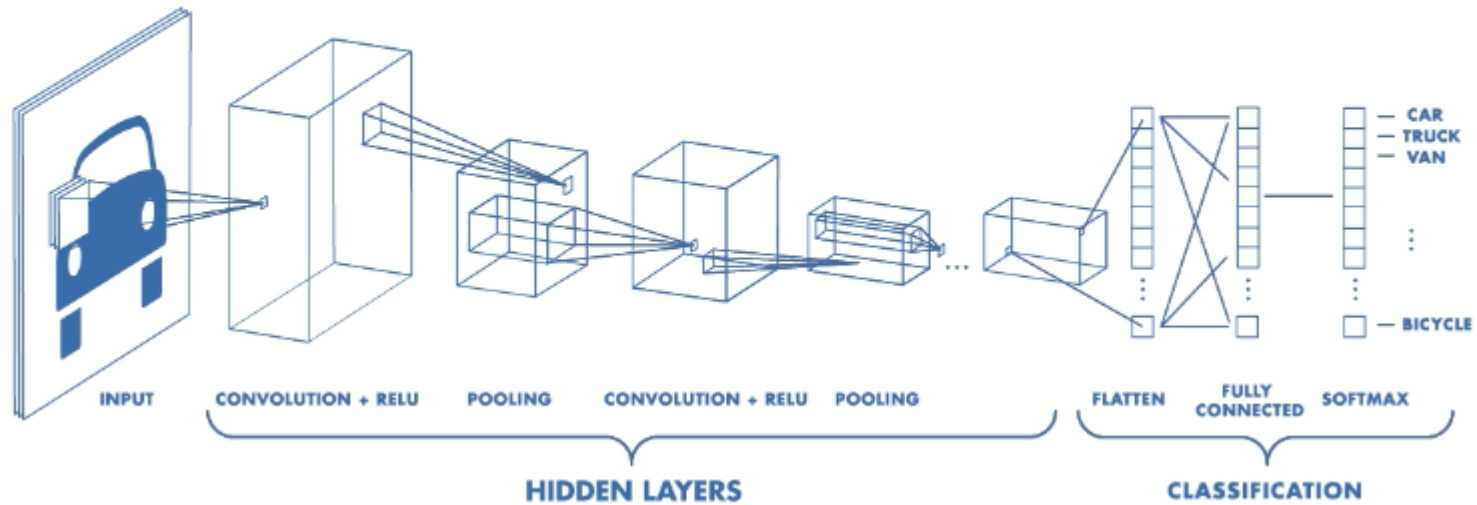


Hoy podemos generar y entrenar estructuras de muchas capas, muy heterogéneas que consiguen mezclar técnicas de aprendizaje supervisado con técnicas de aprendizaje no supervisado y que permiten resolver de forma muy eficiente casi todos los problemas.



REDES NEURONALES

Aprendizaje profundo



MUCHAS GRACIAS

