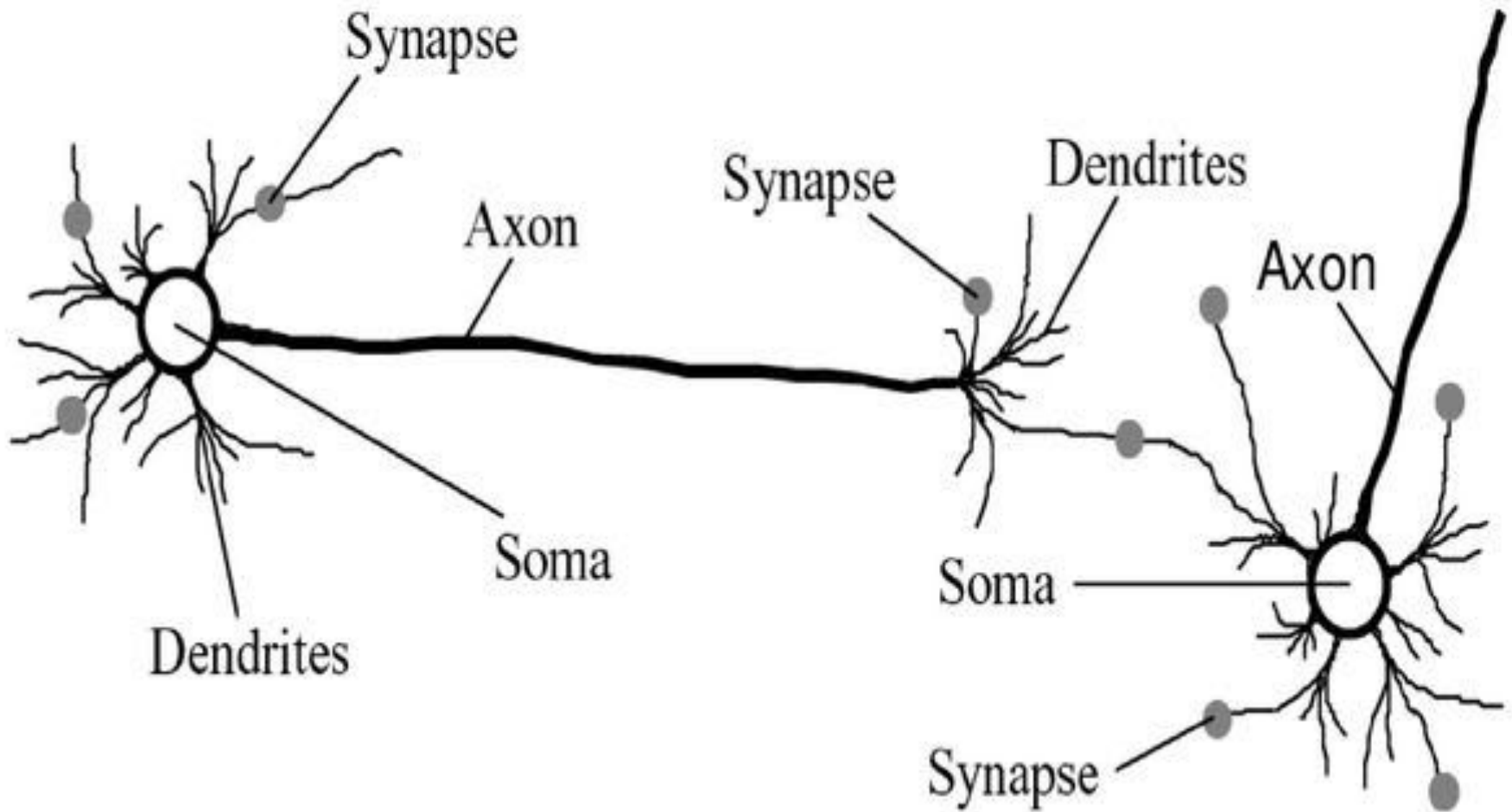


Redes Neuronales

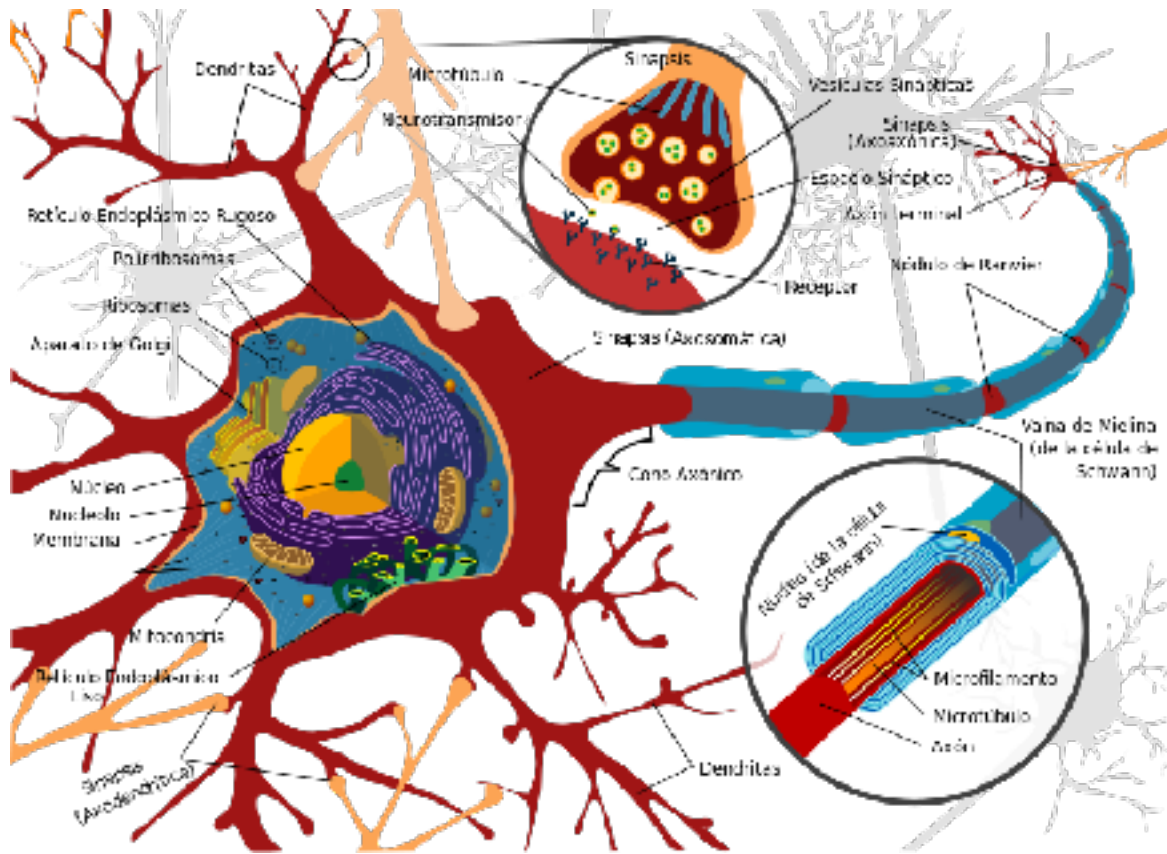


Redes Neuronales

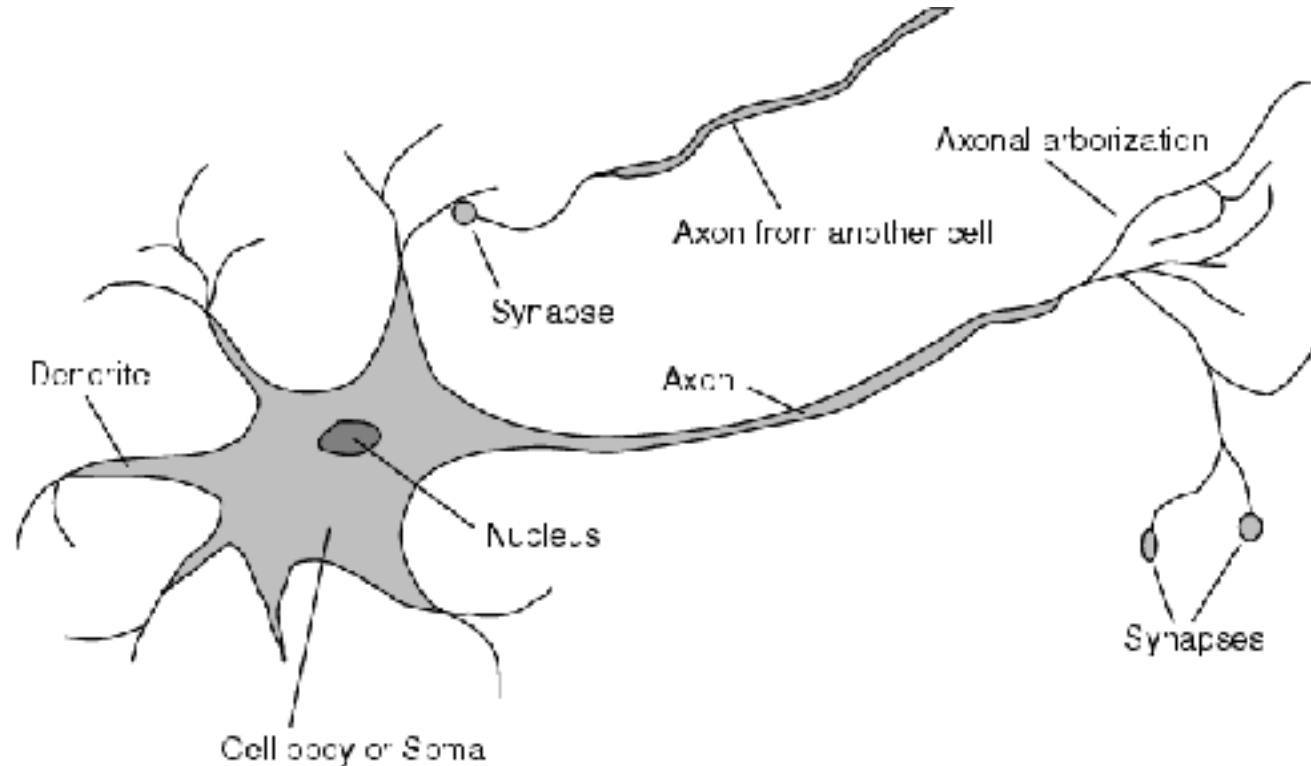
- ❑ Historia
- ❑ La neurona biológica
- ❑ Modelo de una neurona
- ❑ Arquitecturas de las redes
- ❑ Capacidades de las redes neuronales
- ❑ Aplicaciones de las redes neuronales

Neurona biológica

Es una célula y componente principal del sistema nervioso, cuya función principal es recibir, procesar y transmitir información a través de señales químicas y eléctricas gracias a la excitabilidad eléctrica de su membrana plasmática.



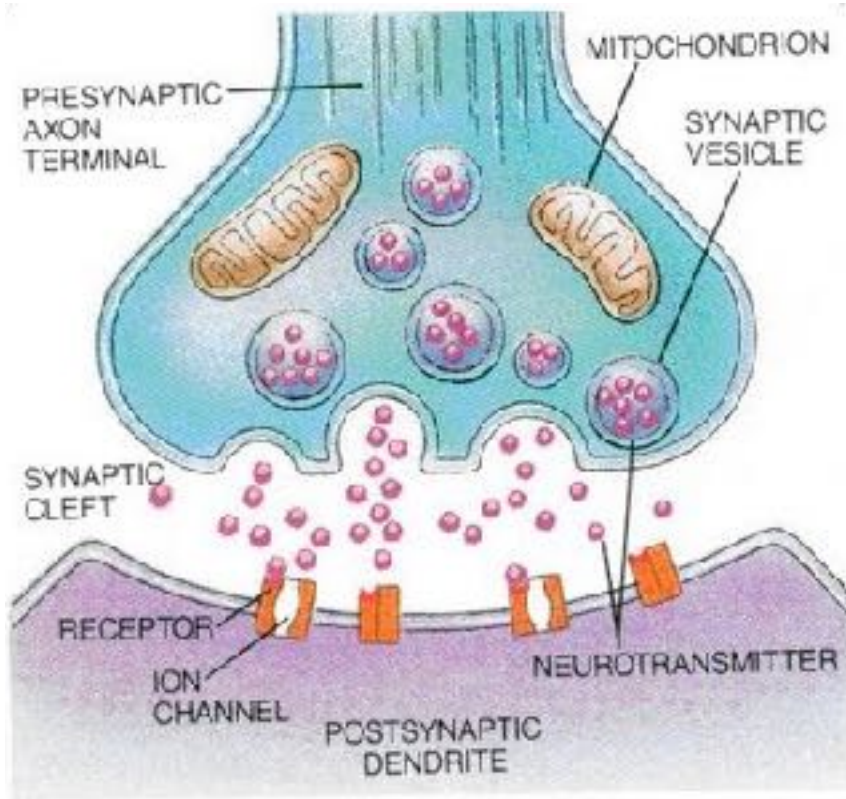
Neurona biológica



- ❑ Cuerpo o Soma
- ❑ Dendrita
- ❑ Axón
- ❑ sinapsis

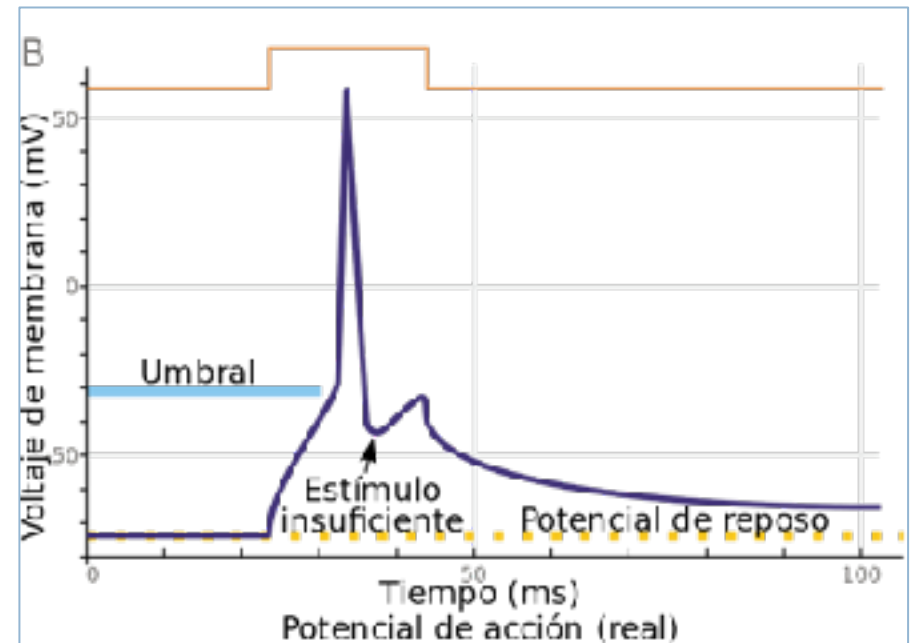
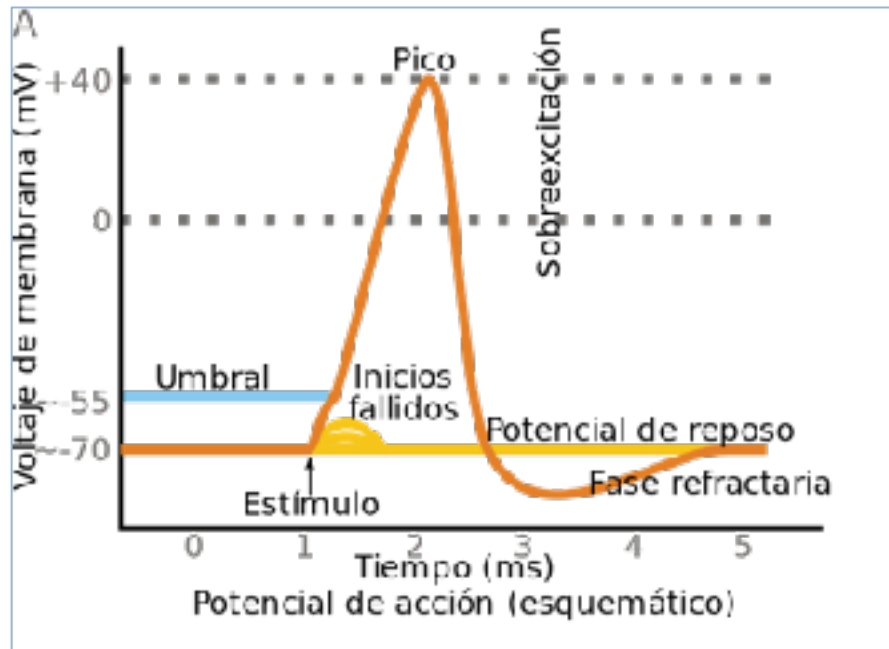
Las neuronas son células del cerebro. Se estima que hay en el cerebro humano: 86 mil millones de neuronas y 10.000 Conexiones sinápticas (por elemento).

Como trabaja la neurona



- ▣ Las dendritas **recogen** las cargas de entrada de las sinapsis.
- ▣ Los potenciales de acción son resultado del desplazamiento a través de la membrana celular de **iones de sodio dotados de carga positiva**, que pasan desde el fluido extracelular hasta el citoplasma intracelular; la concentración extracelular de sodio supera enormemente la concentración intracelular.
- ▣ Algunas veces la acción a través de la sinapsis **incrementa** el potencial del soma, y otras veces lo **disminuye**.

Dinámica de la neurona



Funcionamiento del cerebro

- Algunas de las estructuras neuronales son determinadas en el nacimiento, otra parte es desarrollada a través del aprendizaje, proceso en que nuevas **conexiones neuronales** son realizadas y otras se pierden por completo.



- Las estructuras neuronales continúan cambiando durante toda la vida, estos cambios consisten en el **refuerzo o debilitamiento** de las uniones sinápticas.

Funcionamiento del cerebro

- Adquiere conocimiento desde la experiencia.
- Conocimiento almacenado en conexiones sinápticas.
- Gran plasticidad neuronal (adaptativa).
- Comportamiento altamente no-lineal.
- Alta tolerancia a fallos (muerte neuronal o partes).
- Útil en reconocimiento, percepción y control.

Funcionamiento del cerebro

La teoría de Hopfield y la regla de Hebb, estiman la relación entre el número de neuronas **N** que intervienen en reconocer **p** patrones y la probabilidad de error **Pe** en el reconocimiento de patrones:

$$P_e \approx \frac{1}{2}(1 - \operatorname{erf}(\sqrt{2p/N}))$$

Mientras que **erf()** es la llamada función error asociada a la curva de Gauss. Por ejemplo, esta ecuación refleja que un pianista profesional o un deportista de élite ejecuta con una probabilidad de error muy pequeña determinada tarea porque su entrenamiento hace que un mayor número de neuronas **N** esté involucrada en dicha tarea y eso minimiza mucho la probabilidad de error.

¿Qué es una red neuronal?

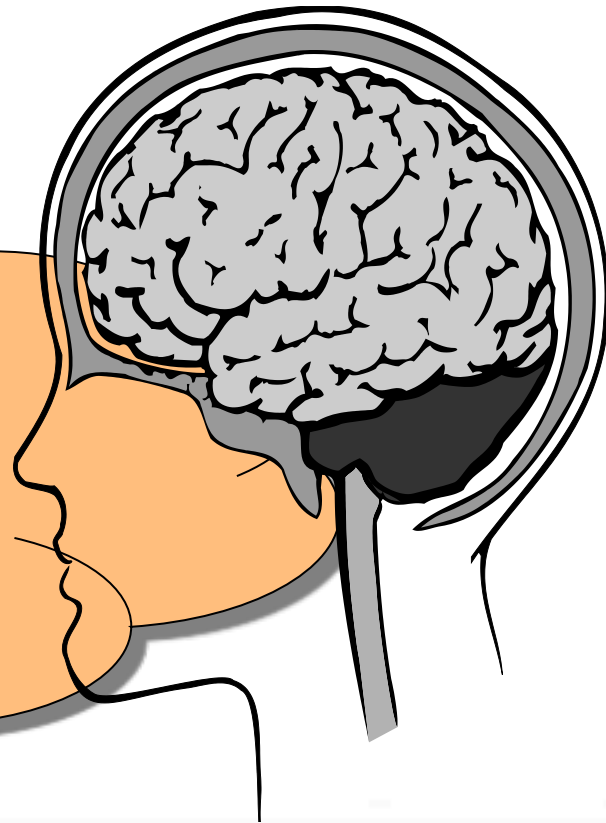
Las redes neuronales artificiales son un intento de simular las capacidades del cerebro humano.

- ▣ **Aprendizaje** por ejemplos y experiencias vividas
- ▣ **Generalización** de lo específico a lo abstracto, como hacerlo?
- ▣ **Manejo de datos con ruido** sin que altere el resultados

El cerebro y las aproximaciones artificiales

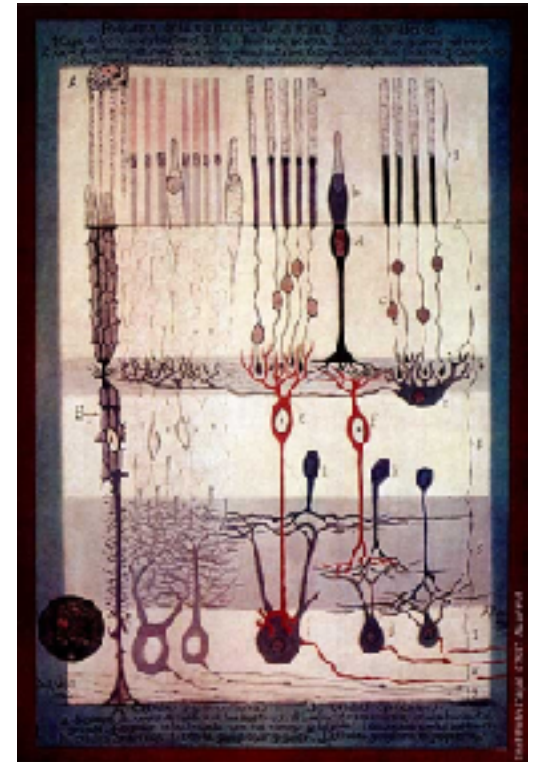
- El funcionamiento del cerebro y el razonamiento humano son procesos complejos

Las aproximaciones artificiales
son rudimentarias



Historia

- **1888** Santiago Ramón y Cajal (médico español) demuestra que el cerebro esta conformado por neuronas interconectadas entre si.
- Método del Tinción de plata



Historia

- **1943** Desarrollo del modelo de una neurona biológica del cerebro por Warren Mc Culloch & Walter Pitts. La red de McCulloch y Pitts no podían aprender.
- **1949** Donald Hebb propone una ley de aprendizaje que explicaba como una red de neuronas aprende. 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.
- **1957** Frank Rosenblatt desarrolla el Perceptrón, una red neuronal en hardware para reconocimiento de caracteres.

Historia

1969 Marvin Minsky & Seymour Papert - limitación del Perceptrón

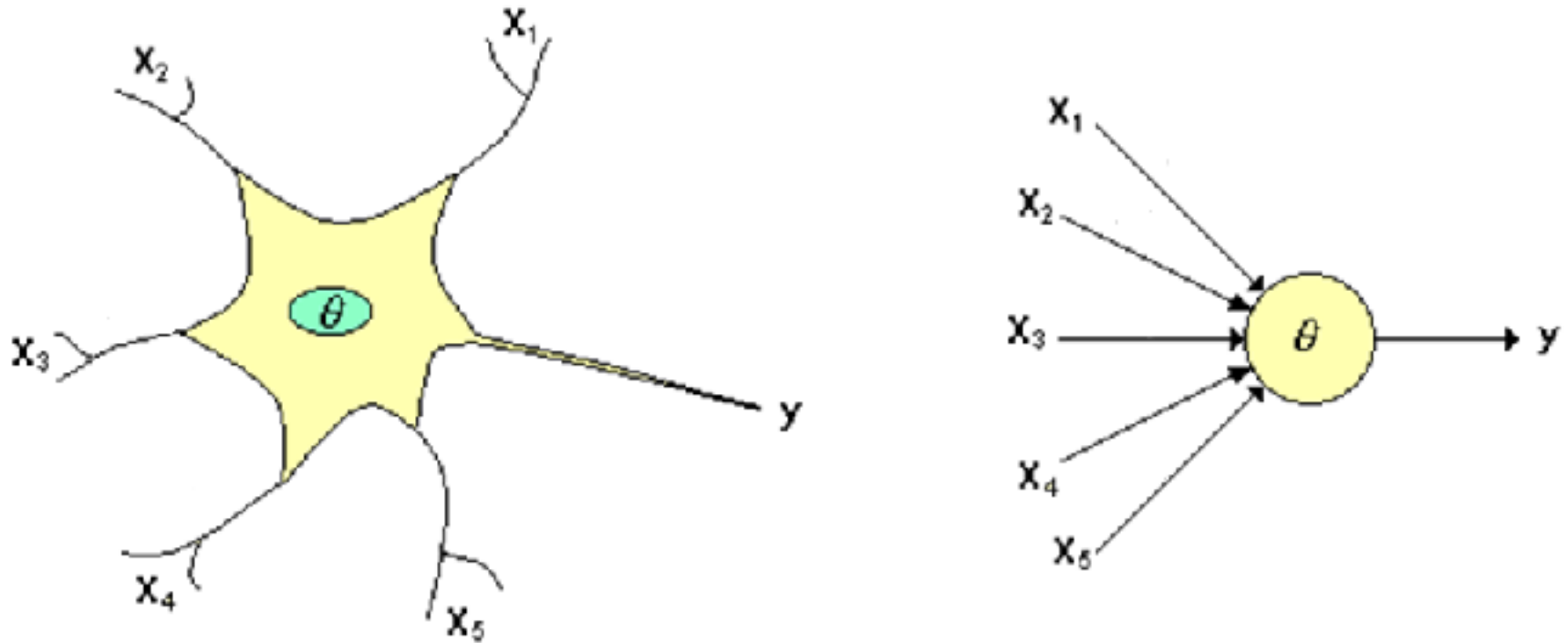
- ❑ El famoso problema de la “XOR”
- ❑ Muerte de las ANNs

1974-1986 Diferentes personas resuelven los problemas del perceptrón

- ❑ Werbos (1974), Parker(1985), Rumelhart y McClelland (1986)
- ❑ Algoritmos para entrenar perceptrones multicapa (redes feedforward)
- ❑ Back-propagation del error
- ❑ Re-emergen las ANNs

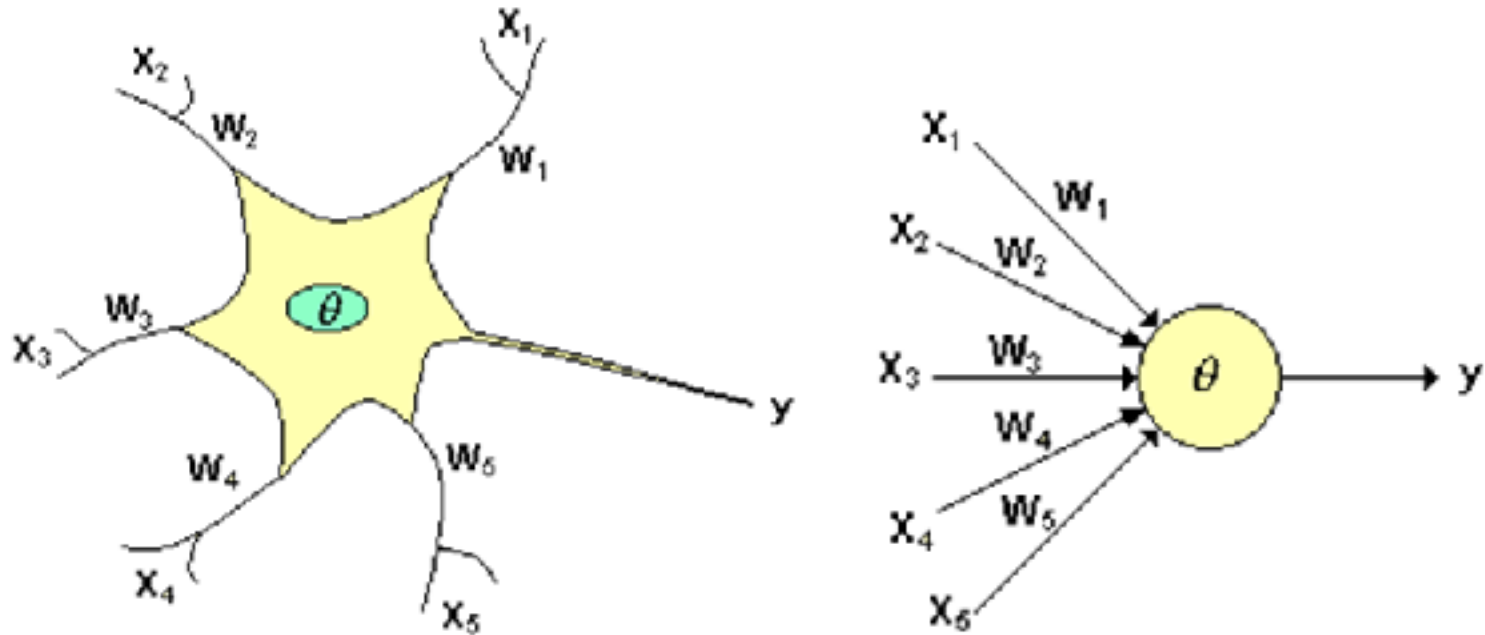
Modelo de una Neurona

Modelo artificial de una neurona



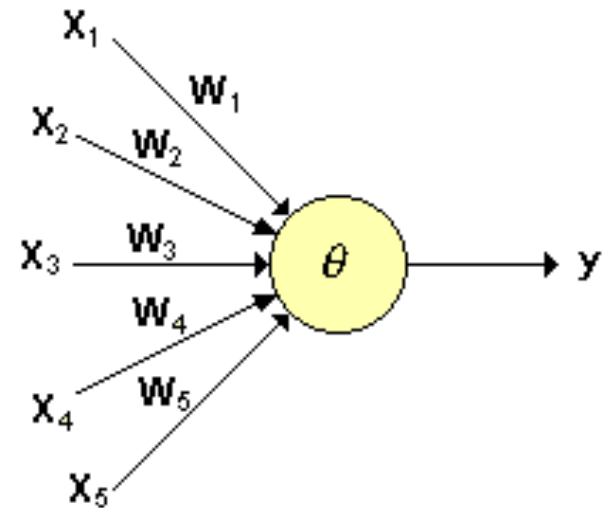
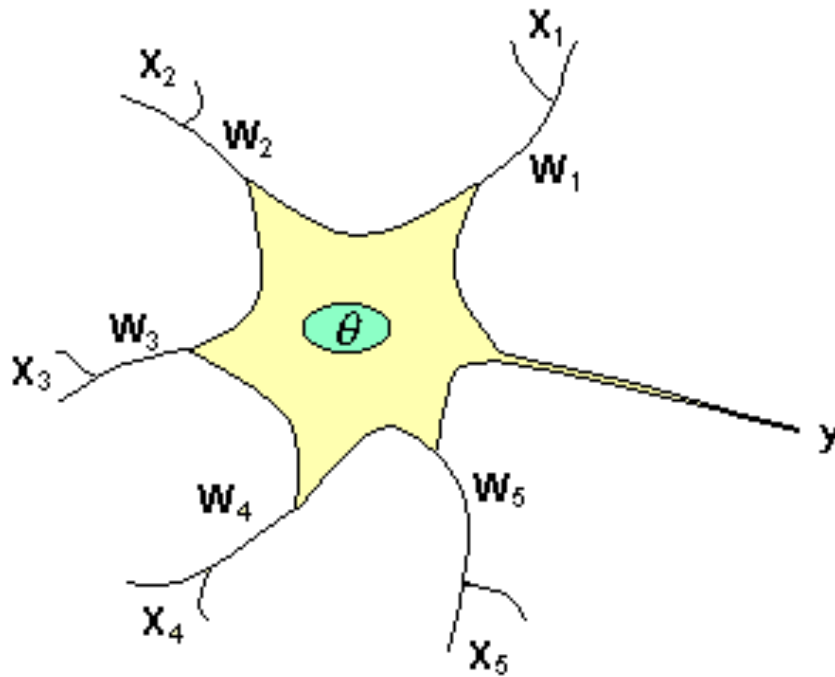
Las entradas x_i representan las señales que provienen de otras neuronas y que son capturadas por las dendritas.

Modelo artificial de una neurona



Cada señal de entrada pasa a través de una ganancia o peso, llamado **peso sináptico o fortaleza** de la conexión cuya función es análoga a la de la función sináptica de la neurona biológica. Los pesos pueden ser positivos (**excitatorios**), o negativos (**inhibitorios**).

Modelo artificial de una neurona



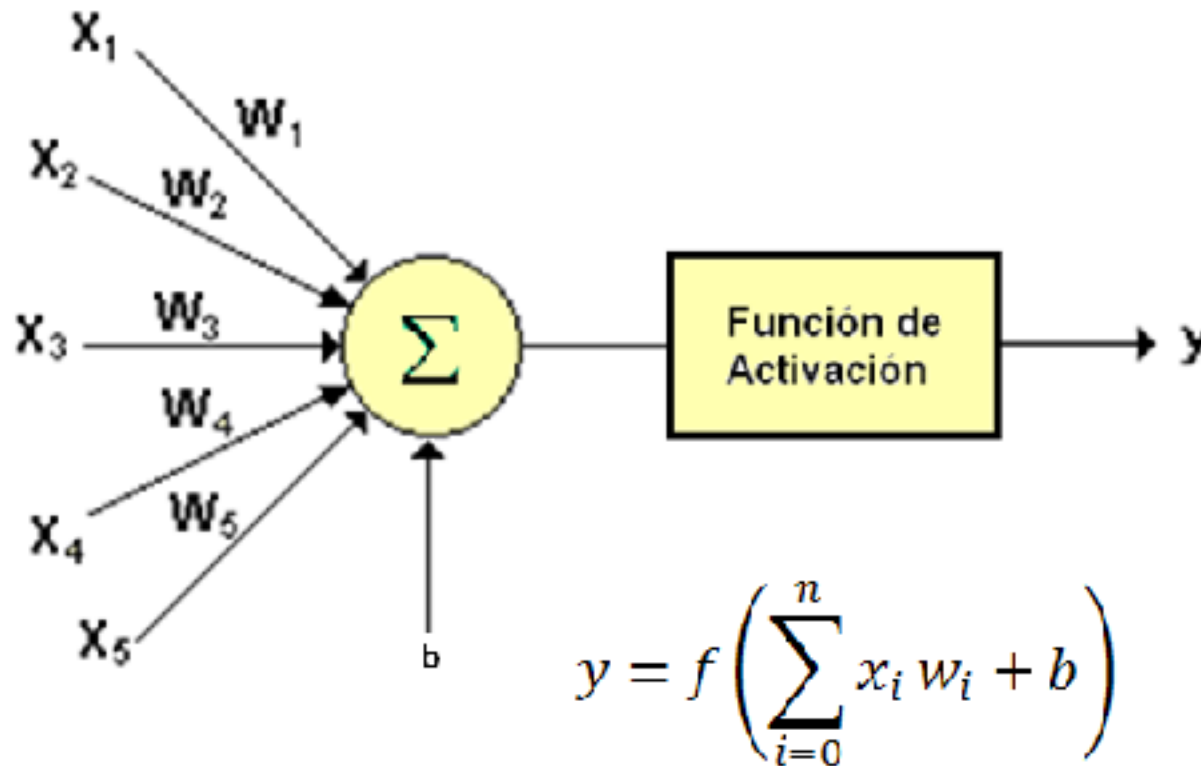
θ es el umbral que la neurona debe sobrepasar para activarse; este proceso ocurre biológicamente en el cuerpo de la célula.

Modelo artificial de una neurona

La neurona es la unidad de procesamiento básica de una red neuronal. Consiste de:

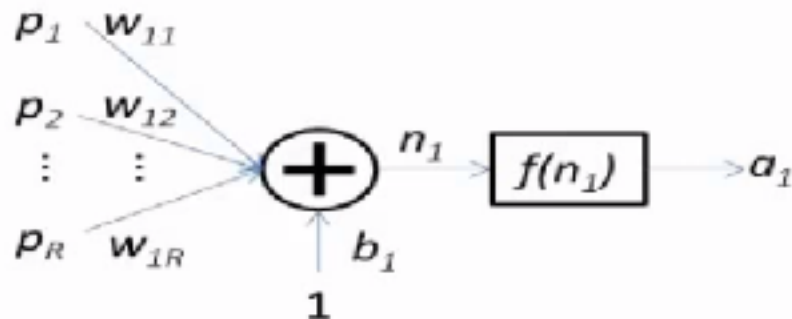
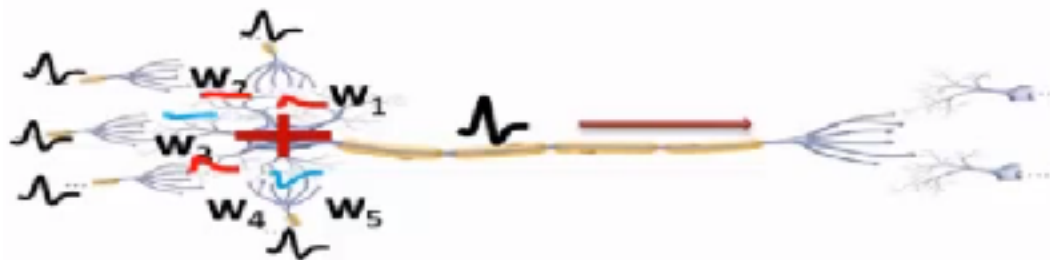
- ❑ Un conjunto de **sinapsis** o **conexiones**, cada conexión caracterizada por un peso.
- ❑ Una función **sumatoria** que calcula la suma pesada o ponderada de las entradas.
- ❑ Una **función de activación** que limita la amplitud de la salida de la neurona.
- ❑ Las señales de entrada a una neurona artificial X_1, X_2, \dots, X_n son variables continuas en lugar de pulsos discretos, como se presentan en una neurona biológica.

Modelo de McCulloch-Pitts (1943)



- w_i : determina la fortaleza con que la entrada i contribuye en la salida
- b : determina el nivel de *umbral* o de *activación* de la neurona

Neurona artificial



p_j , entradas o patrones

w_{ij} , pesos sinápticos

b_i , polarización

n_i , entrada neta

a_i , salida (axon)

f , función de activación

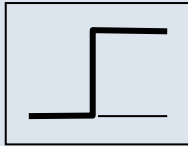
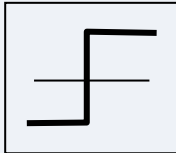
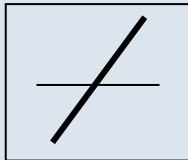
$$n_1 = p_1 w_{11} + \dots + p_R w_{1R} + b_1$$

$$n_1 = \mathbf{w}_1^T \mathbf{p} + b_1$$

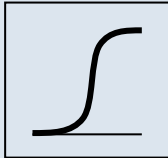
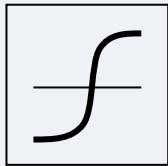
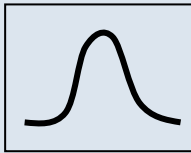
$$a_1 = f(\mathbf{w}_1^T \mathbf{p} + b_1)$$

$$\mathbf{w}_1 = \begin{bmatrix} w_{11} \\ w_{12} \\ \vdots \\ w_{1R} \end{bmatrix} \quad \mathbf{p} = \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ \vdots \\ p_R \end{bmatrix}$$

Funciones de Activación

Nombre	Función	Gráfico	Características
Escalón	$f(x) = \begin{cases} 1 & x \geq 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases}$		No diferenciable Tipo paso Positiva
Signo	$f(x) = \begin{cases} 1 & x \geq 0 \\ -1 & x < 0 \end{cases}$		No diferenciable Tipo paso Media en cero
Rampa o Lineal	$f(x) = x$		Diferenciable Tipo lineal Media en cero

Funciones de Activación

Nombre	Función	Gráfico	Características
Logaritmo Sigmoidal	$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$		Diferenciable. Tipo paso. Positiva
Tangente Hiperbólica Sigmoidal	$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-2x}} - \frac{1}{1 + e^{2x}}$		Diferenciable. Tipo paso. Media en cero
Gausiana	$f(x) = e^{\frac{-x^2}{\sigma^2}}$		Diferenciable. Tipo pulso

Red Neuronal Artificial (RNA)

- Es un esquema de computación distribuida inspirada en la estructura del **sistema nervioso** de los seres humanos.
- La arquitectura de una red neuronal es formada conectando **múltiples procesadores elementales**, siendo éste un sistema adaptivo que posee un **algoritmo para ajustar sus pesos** (parámetros libres) para alcanzar los requerimientos de desempeño del problema basado en muestras representativas.

Característica	Computador Secuencial	Sistema Biológico Neuronal
Unidad de Procesamiento	Compleja Veloz	Lenta Muchas unidades
Memoria	Separada del procesador	Integrada dentro del procesador. Distribuida Direccional por contenido
Procesamiento de los Datos	Centralizado Secuencial Programas almacenados	Distribuido Paralelo Auto aprendizaje
Confiabilidad	Muy vulnerable	Robusto
Especialización	Manipulaciones simbólicas y numéricas	Problemas perceptuales

Arquitectura de las RNA's

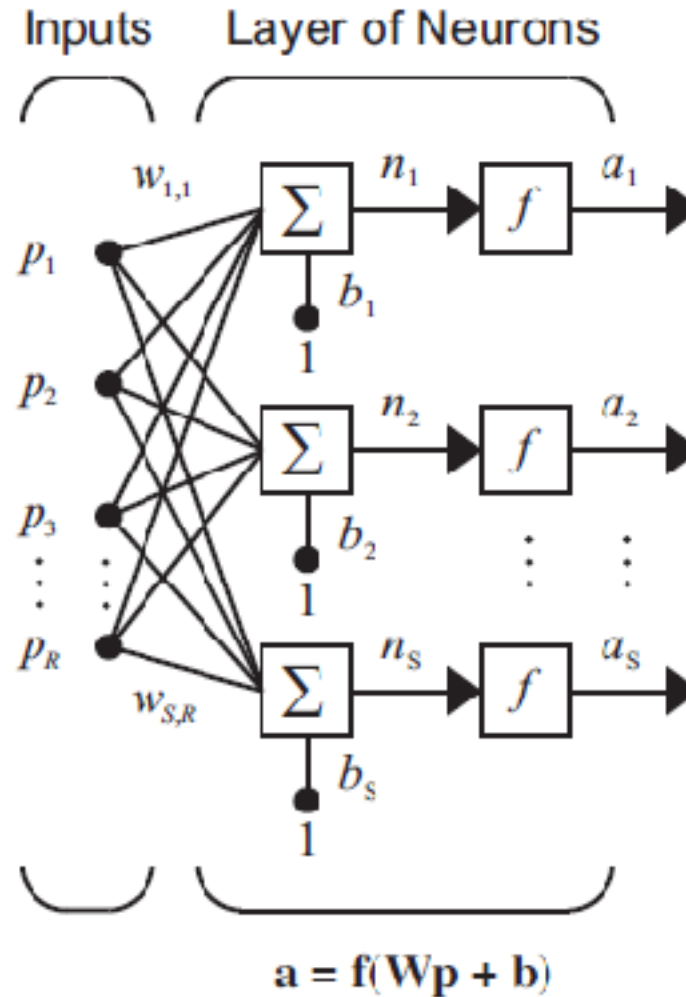
- ❑ Redes estáticas
- ❑ Redes dinámicas

Redes Estáticas

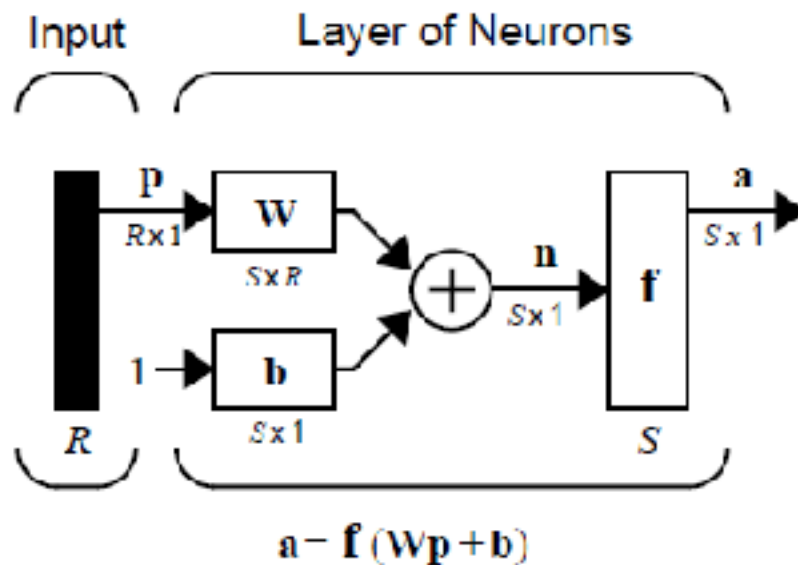
- ❑ No tienen realimentación interna ni retardos
- ❑ La salida se calcula directamente de la entrada
- ❑ A través de conexiones feedforward de manera unidireccional

Una capa de neuronas

- R entradas
- S neuronas
- S salidas



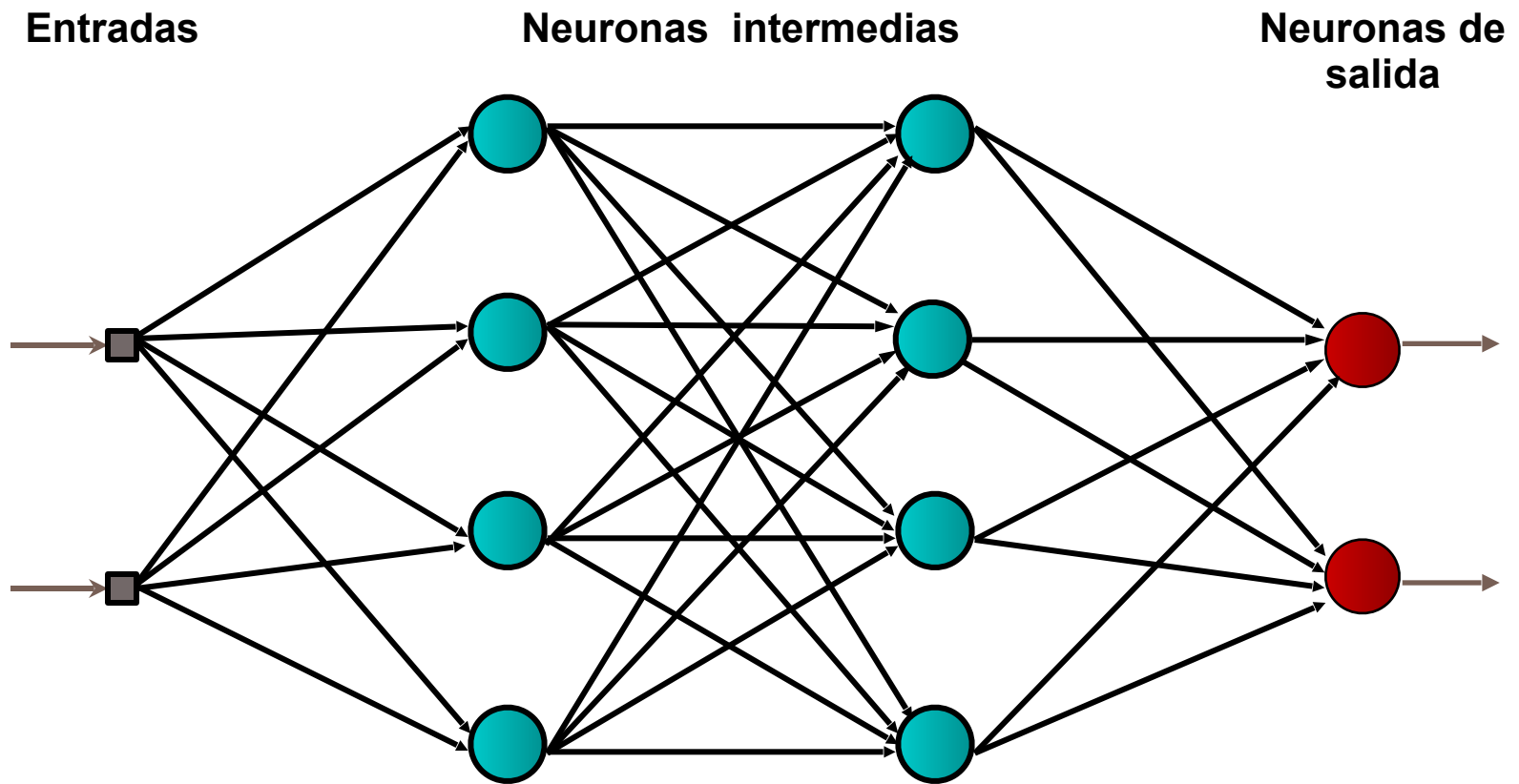
Red de una capa: notacion abreviada



$$\mathbf{W} = \begin{bmatrix} w_{1,1} & w_{1,2} & \dots & w_{1,R} \\ w_{2,1} & w_{2,2} & \dots & w_{2,R} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{S,1} & w_{S,2} & \dots & w_{S,R} \end{bmatrix}$$

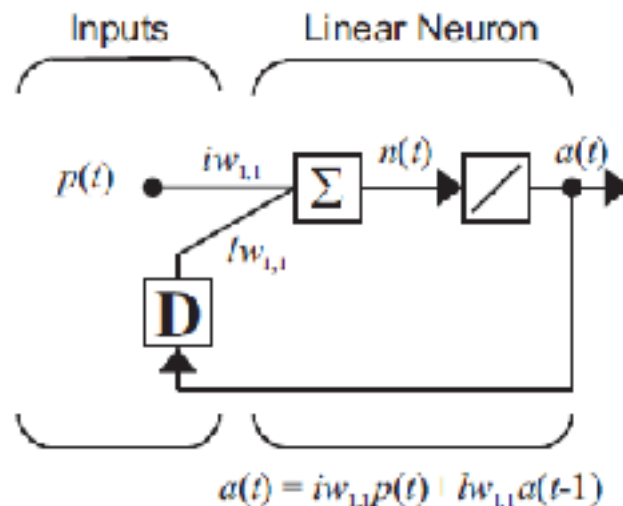
Matriz de los pesos
Cada fila representa los pesos de una neurona

Red Neuronal Multicapa



Redes neuronales dinámicas

- ❑ Tienen realimentación interna.
- ❑ La salida depende de la entrada presente, pero también de estados y salidas pasadas de la red. Y en algunos casos de estados futuros.
- ❑ Las redes recurrentes son sistemas dinámicos.



Tipos de redes

Existen muchos tipos de redes neuronales, entre los principales:

- ❑ Redes perceptron multicapa
- ❑ Redes backpropagation feedforward
- ❑ Redes RBF (Radial Basis Function)
- ❑ Redes backpropagation recurrentes
- ❑ Mapas auto-organizados
- ❑ Redes lineales adaptativas

Características de las RNA's

Propiedades de las redes neuronales

- Muchas neuronas simples dispuestas como unidades de conmutacion con umbral
- Muchas conexiones pesadas entre las unidades
- Procesamiento paralelo
- Base de conocimientos distribuida
- Tolerancia a fallas
- Razonamiento aproximado
- Capacidad de generalizacion
- Aprendizaje por sintonia de los pesos de las conexiones

Aprendizaje en las redes neuronales

En los sistemas biológicos

El aprendizaje es un proceso de adaptación de la conducta.

En las redes neuronales

El aprendizaje ocurre cambiando el peso de las conexiones, eliminando algunas, o construyendo otras nuevas.

El aprendizaje como proceso de optimización

En los organismos biológicos

El objetivo del aprendizaje es **optimizar** la cantidad disponible de recursos, o en general alcanzar un estado **optimo**.

En las redes neuronales

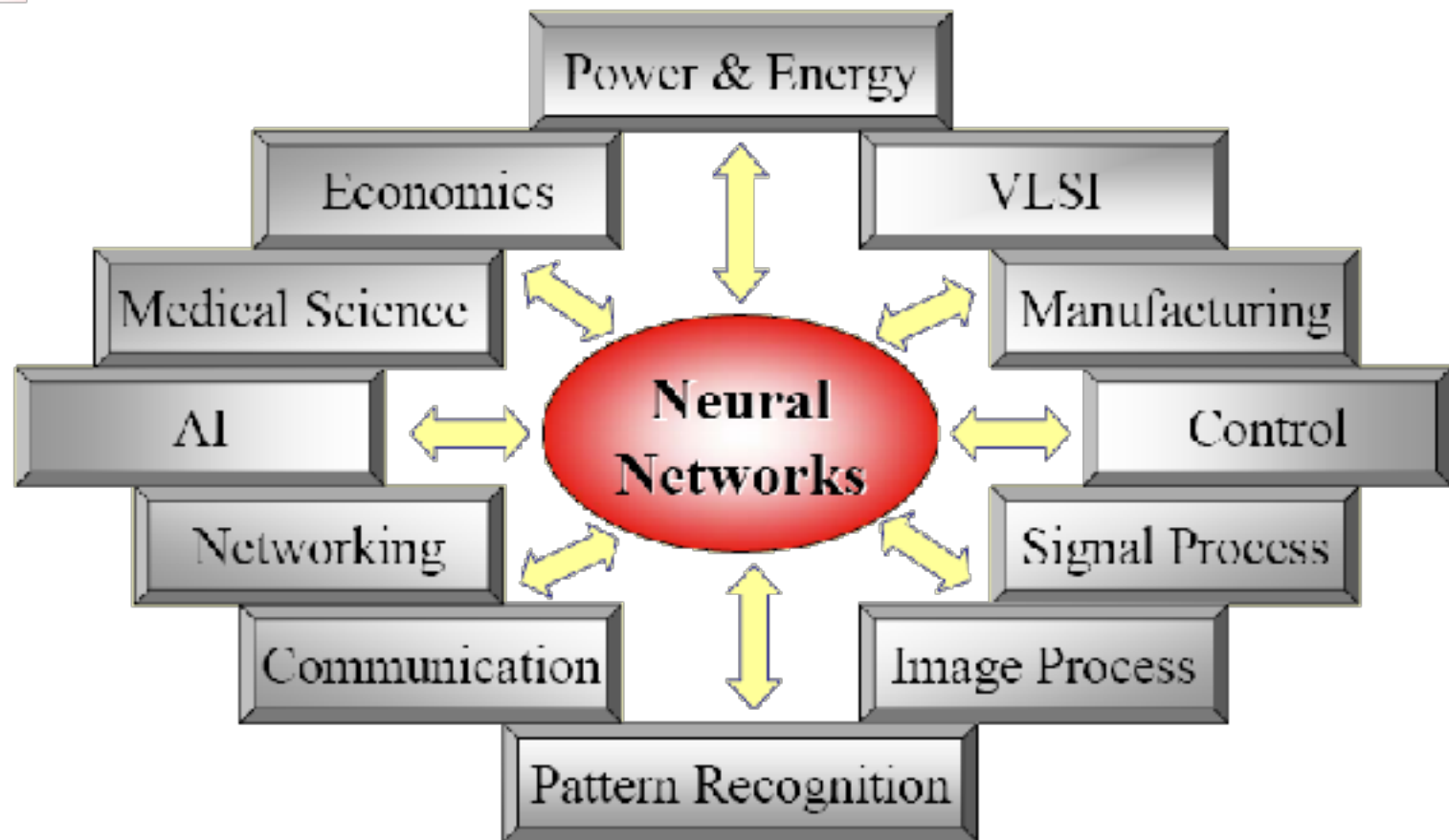
El objetivo de adaptar la respuesta sobre la base de la información recibida del entorno, es alcanzar un **mejor** estado.

Inconvenientes de las redes neuronales

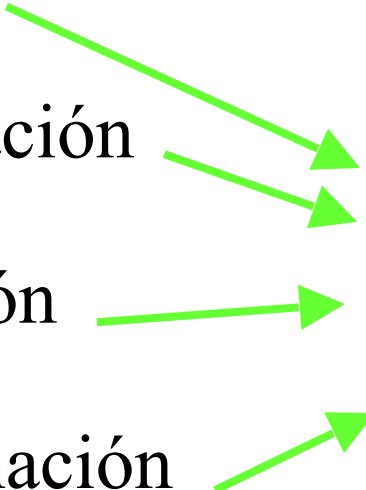
- Aprendizaje algunas veces difícil / lento
- Capacidad de almacenamiento limitado
- Demasiados parámetros:
 - Numero de capas
 - Numero de neuronas
 - Demasiadas neuronas requieren mas tiempo de entrenamiento
 - Velocidad de aprendizaje

Aplicaciones de las RNA's

Aplicaciones de las redes neurales



Tareas de las redes neuronales

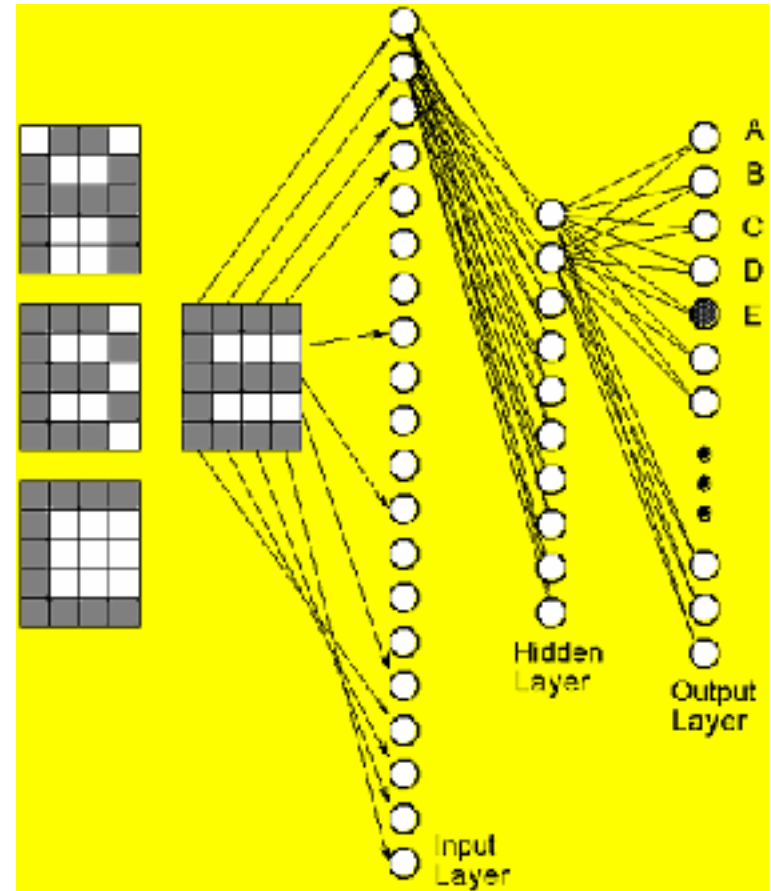
- Control
 - Clasificación
 - Predicción
 - Aproximación
- 
- Four green arrows originate from the right side of each list item and point towards the text 'En general estas pueden ser reformuladas como tareas de APROXIMACIÓN DE FUNCIONES'. The arrows from 'Control' and 'Clasificación' are the longest, while the arrows from 'Predicción' and 'Aproximación' are shorter.

En general estas pueden ser reformuladas como tareas de
APROXIMACIÓN DE FUNCIONES

Ejemplo: Las redes neuronales y el reconocimiento de caracteres

OCR (Optical character recognition)

- Red: feedforward
- Entrenamiento: backpropagation

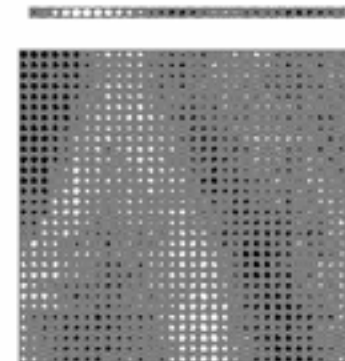
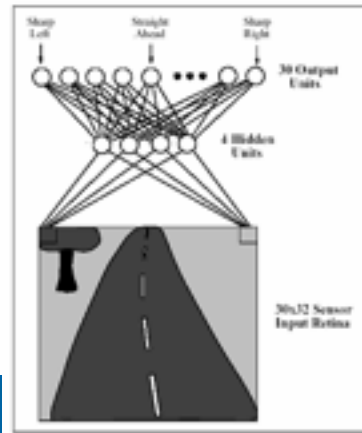


Ejemplo: conduccion de automoviles

ALVINN aprende a mantener un automóvil en la vía observando como la gente conduce (Dean Pomerleau en Carnegie Mellon University 1984)

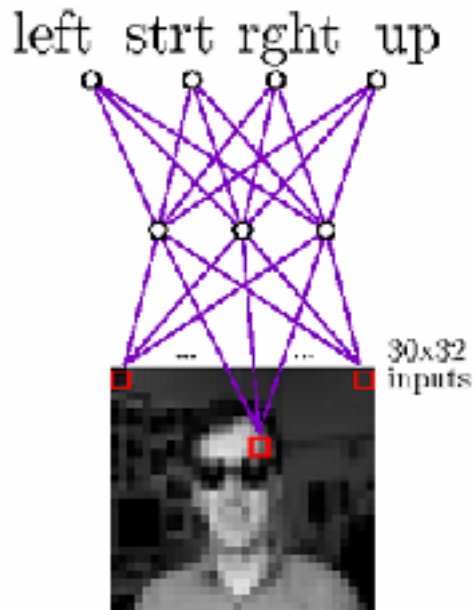


What's Hidden in the Hidden Layers?



Ejemplo: reconocimiento de caras

- 90% de precision en aprender la pose de la cabeza y reconocimiento de 1-20 caras



Typical input images

¿ Preguntas ?

