

Curso de Inteligencia Artificial

Alan Gerardo Reyes Figueroa

Introducción a la IA | Aula 01 Enero 13, 2022



Inteligencia Artificial

- Robots.
- Vehículos autónomos.
- Máquinas inteligentes.

Inteligencia Artificial



G. Kasparov vs. DeepBlue
(1997)



Lee Sedol vs. AlphaGo
(2016)

Inteligencia Artificial



Self-driving cars.



Inteligencia Artificial

Robots



Inteligencia Artificial

- Inteligencia:
 - realizar algún trabajo “parecido” a los humanos
 - procesos de pensando, racionalidad
 - Comportamiento (similar al humano)
 - Artificial:
 - Máquinas y autómatas
 - Robots (viene del ruso **работать** = “Trabajar”)
 - Máquinas actuando o haciendo labor como humanos
- Agentes inteligentes**

Inteligencia Artificial

- Inteligencia de máquina = inteligencia humana?
- Ejemplo: (máquinas que vuelan)

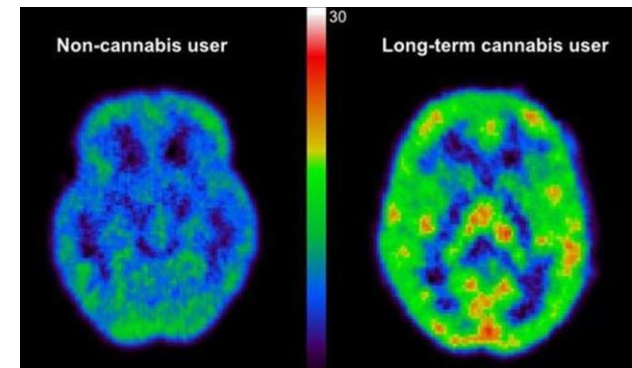


¿Puede una máquina pensar?

- Actuar como humanos:
 - Test de Turing (1950)
 - Un humano hace preguntas, la máquina responde
 - La máquina pasa el test si el humano no puede decir si el otro es un humano o una máquina.
- Procesamiento del lenguaje (NLP)
- Representación del conocimiento
- Razonamiento automatizado
- Aprendizaje automático (*machine learning*)
- Visión computacional
- Robótica

¿Puede una máquina pensar?

- Pensar como humanos:
 - Modelos de cognición (aprender el comportamiento hum.)
 - Introspección
 - Experimentos psicológicos
 - Imágenes del cerebro

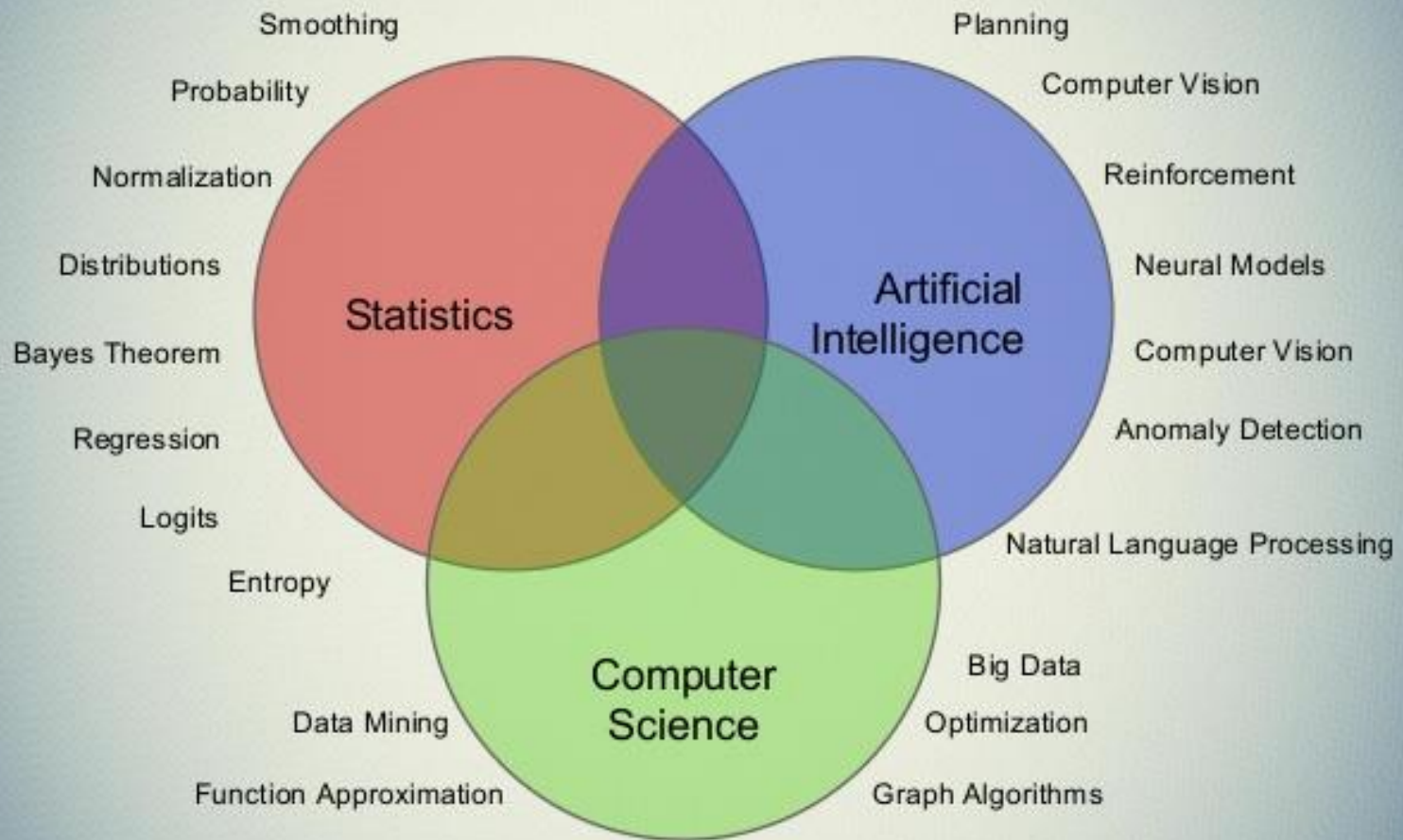


- Psicología
- Neurociencia
- Teoría del aprendizaje
- Modelos computacionales

Inteligencia Artificial

- Pensar racionalmente:
 - Aristóteles: silogismo “razonamiento correcto”
 - Lógica (siglos XIX y XX): lógica simbólica, reglas, modelos formales de deducción
 - Certeza
- Modelos bajo incerteza: probabilidad

Inteligencia Artificial



Is Machine Learning a one semester course?

Inteligencia Artificial

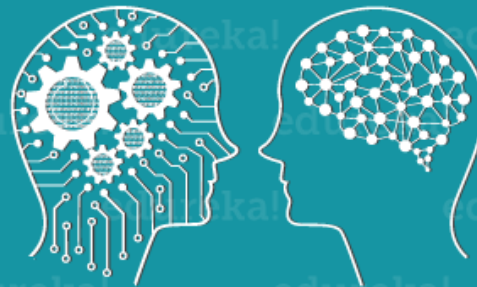
ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Engineering of making Intelligent Machines and Programs



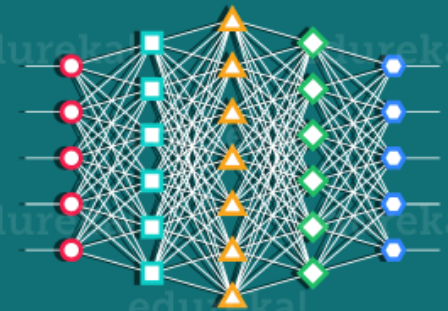
MACHINE LEARNING

Ability to learn without being explicitly programmed



DEEP LEARNING

Learning based on Deep Neural Network



1950's

1960's

1970's

1980's

1990's

2000's

2006's

2010's

2012's

2017's

Inteligencia Artificial

- **Agente** (del latín *agere* = “hacer”)
 - operar de forma autónoma
 - percibir el ambiente
 - persistir en el tiempo
 - adaptarse a cambios
 - definir y lograr objetivos
- **Agente racional** = aquel que logra la mejor respuesta (*outcome*) a un objetivo, o bajo incerteza, la mejor respuesta esperada.

Inteligencia Artificial

Hoy por hoy, la IA se concentra en construir agentes que “hagan lo correcto”.

- lograr objetivos para los que fueron definidos
- actuar éticamente

Fundamentos de la IA

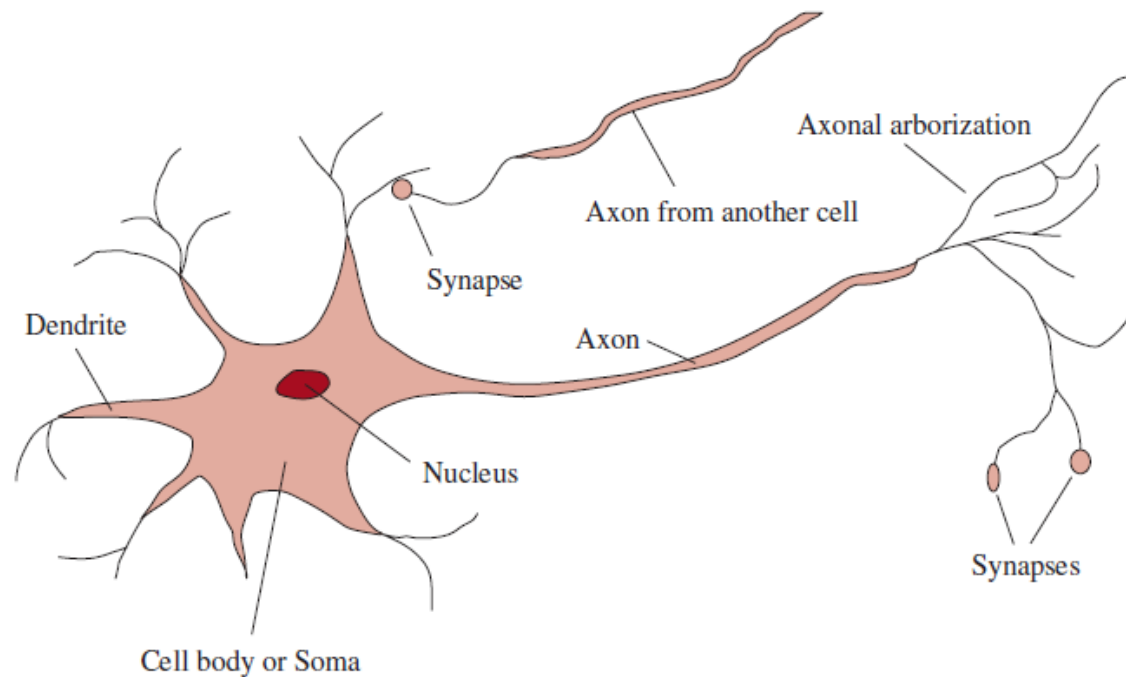
- Filosofía:
 - ¿Se pueden usar reglas formales para sacar conclusiones válidas?
 - ¿Cómo surge la mente de un cerebro físico?
 - ¿De dónde viene el conocimiento?
 - ¿Cómo conduce el conocimiento a la acción?
- Matemáticas:
 - ¿Cuáles son las reglas formales para obtener conclusiones válidas?
 - ¿Qué se puede calcular?
 - ¿Cómo razonamos con información incierta?

Fundamentos de la IA

- Economía:
 - ¿Cómo debemos tomar decisiones de acuerdo con nuestras preferencias?
 - ¿Cómo debemos hacer esto cuando es posible que otros no estén de acuerdo?
 - ¿Cómo deberíamos hacer esto cuando la recompensa puede estar muy lejos en el futuro?

Fundamentos de la IA

- Neurociencia:
 - ¿Cómo el cerebro procesa información?



Fundamentos de la IA

- Psicología:
 - ¿Cómo los humanos y animales piensan y actúan?
 - Psicología cognitiva, teoría del aprendizaje
 - Interacción humano-computador

	Supercomputer	Personal Computer	Human Brain
Computational units	10^6 GPUs + CPUs 10^{15} transistors	8 CPU cores 10^{10} transistors	10^6 columns 10^{11} neurons
Storage units	10^{16} bytes RAM 10^{17} bytes disk	10^{10} bytes RAM 10^{12} bytes disk	10^{11} neurons 10^{14} synapses
Cycle time	10^{-9} sec	10^{-9} sec	10^{-3} sec
Operations/sec	10^{18}	10^{10}	10^{17}

Figure 1.2 A crude comparison of a leading supercomputer, Summit (Feldman, 2017); a typical personal computer of 2019; and the human brain. Human brain power has not changed much in thousands of years, whereas supercomputers have improved from megaFLOPs in the 1960s to gigaFLOPs in the 1980s, teraFLOPs in the 1990s, petaFLOPs in 2008, and exaFLOPs in 2018 (1 exaFLOP = 10^{18} floating point operations per second).

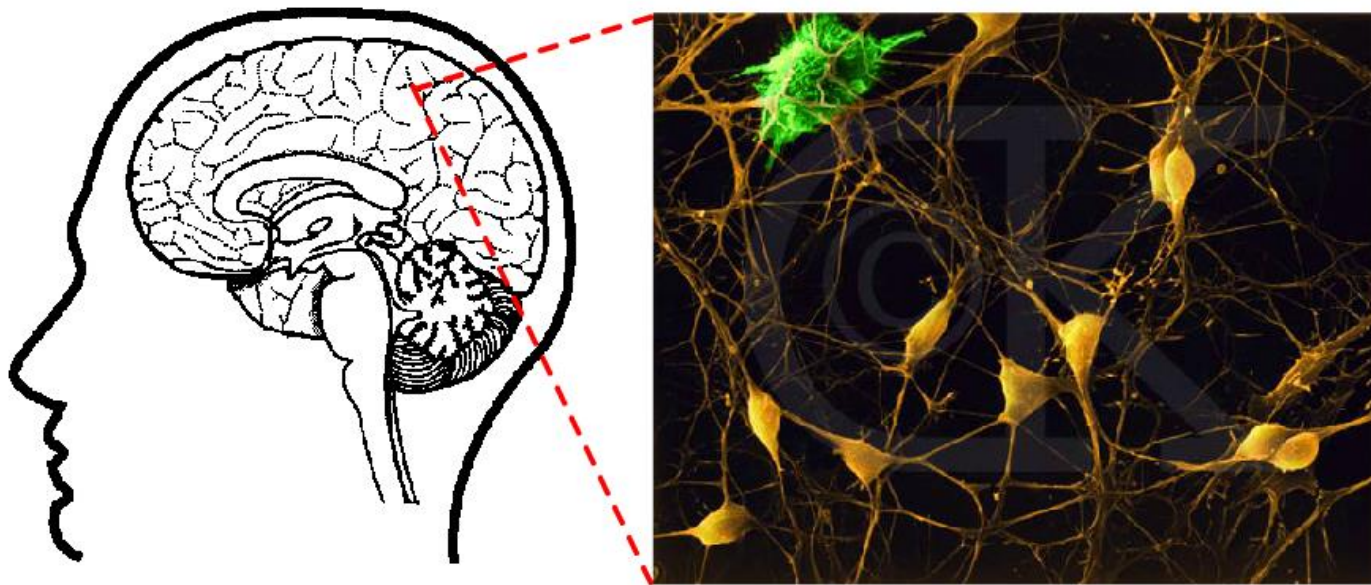
Fundamentos de la IA

- Ingeniería computacional / electrónica:
 - ¿Cómo construir un computador eficiente?
 - CPUs, GPUs, TPUs ...
 - Computación cuántica
- Robótica / Cibernética / Teoría de control
 - ¿Cómo un artefacto puede operar de forma autónoma?
- Lingüística
 - Lenguaje relacionado al pensamiento
 - NLP
- Antropología y Sociología, Ética, Leyes, ...

Historia de las Redes Neuronales

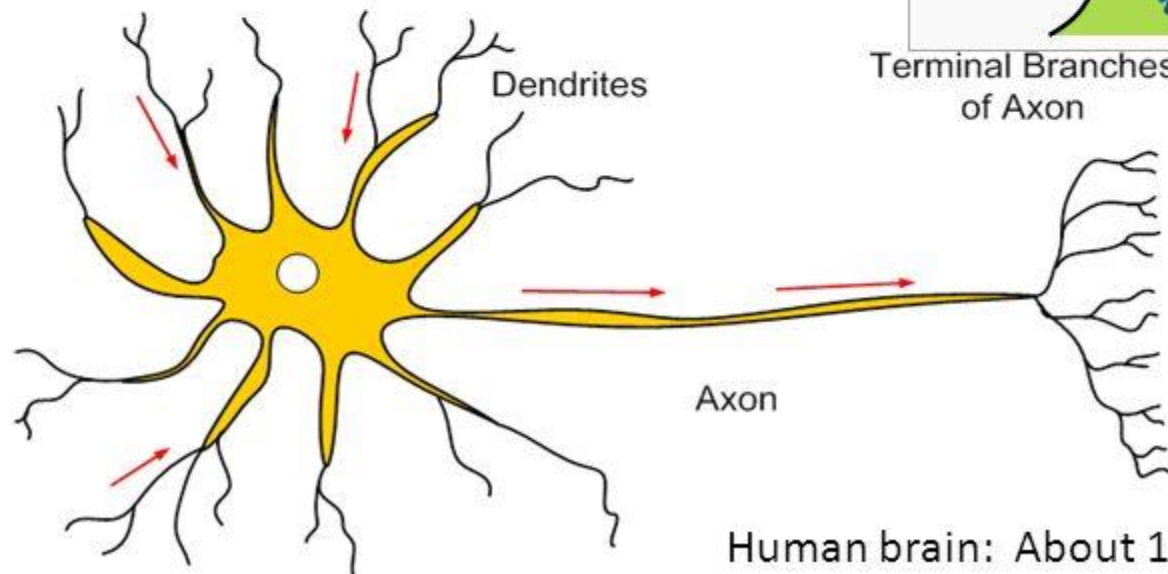
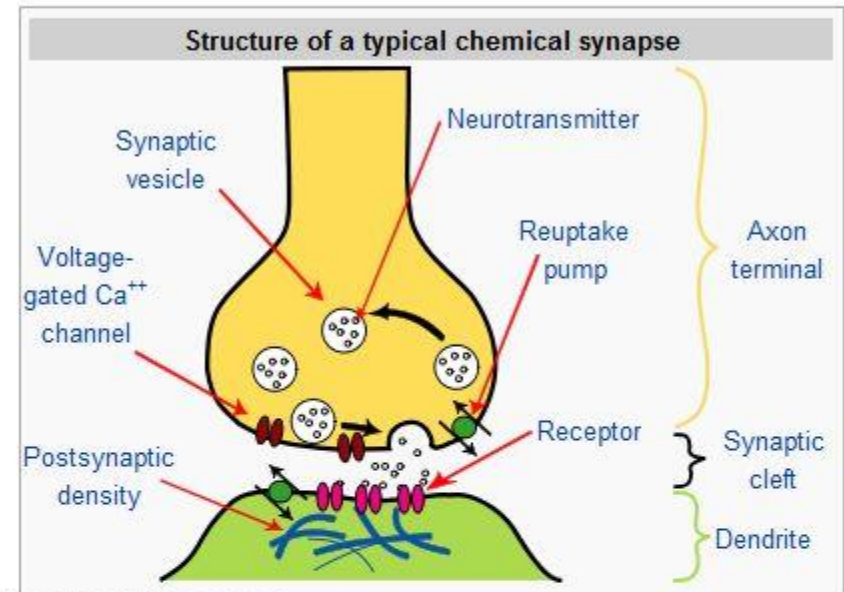
Redes Neuronales

- Algoritmos bioinspirados.
- Idealizan cómo funcionan las conexiones y transmisiones dentro del cerebro biológico.



Biologically Inspired.

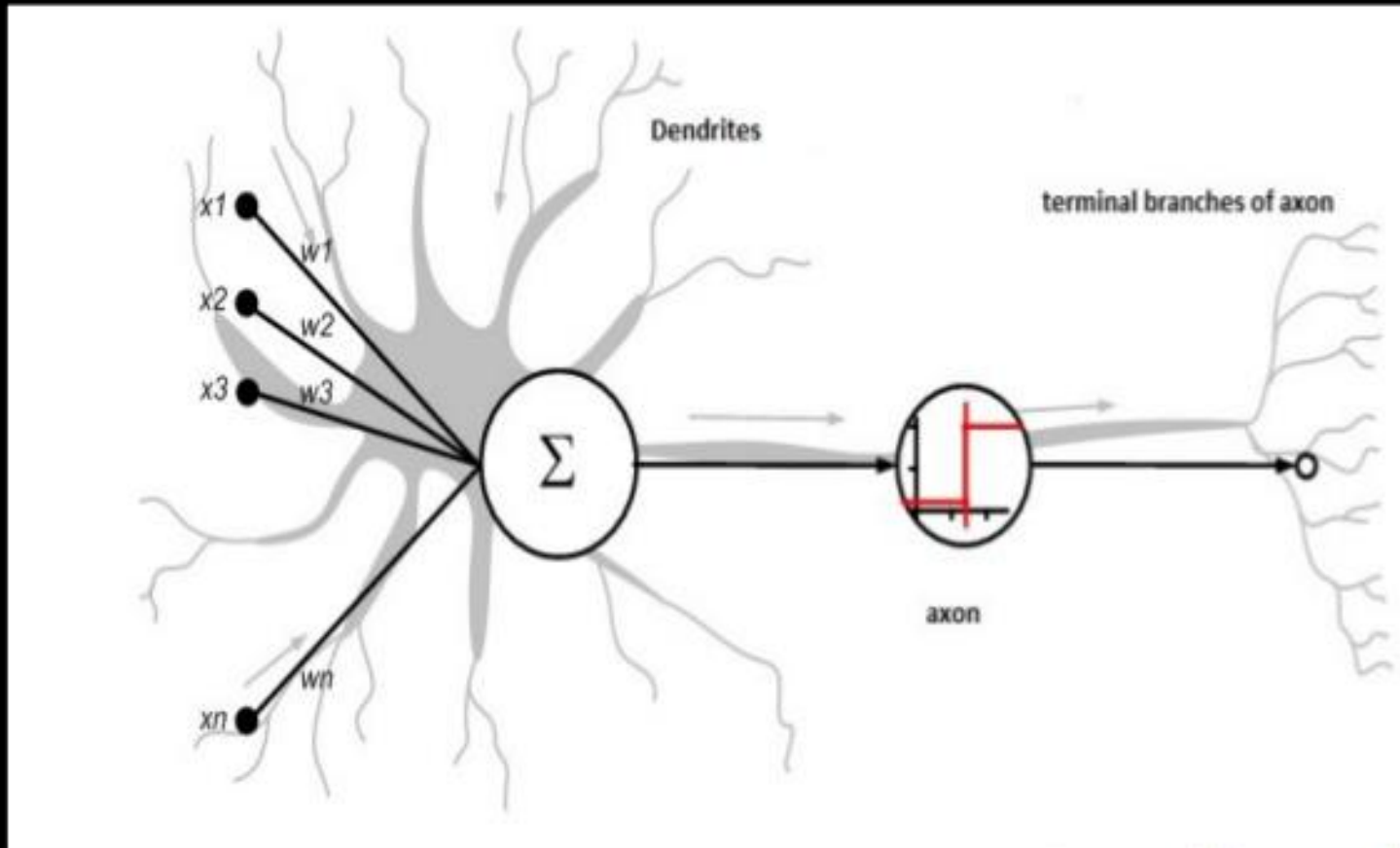
- Electro-chemical signals
- Threshold output firing



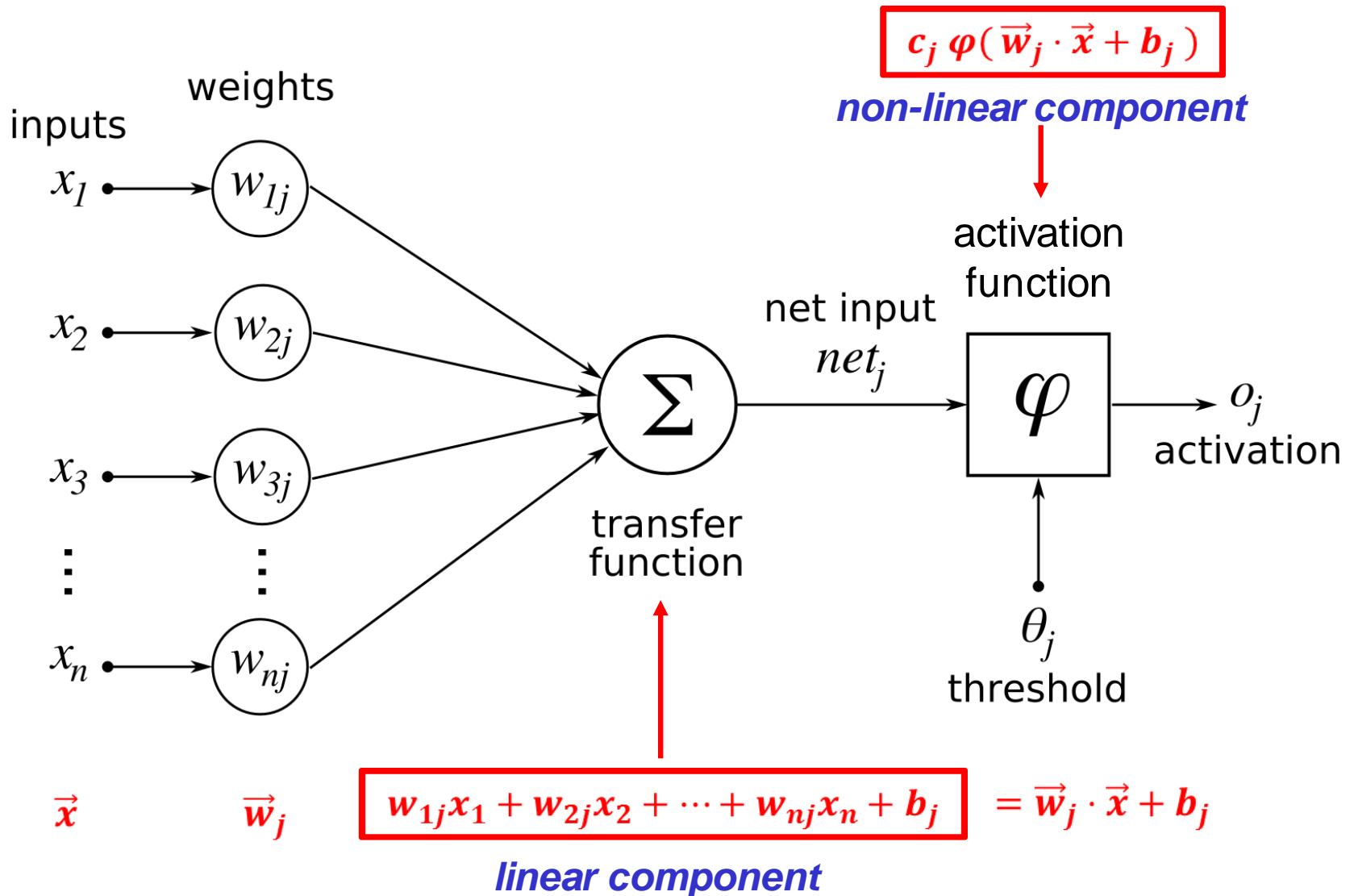
Human brain: About 100 billion (10^{11}) neurons and 100 trillion (10^{14}) synapses

Redes Neuronales Artificiales

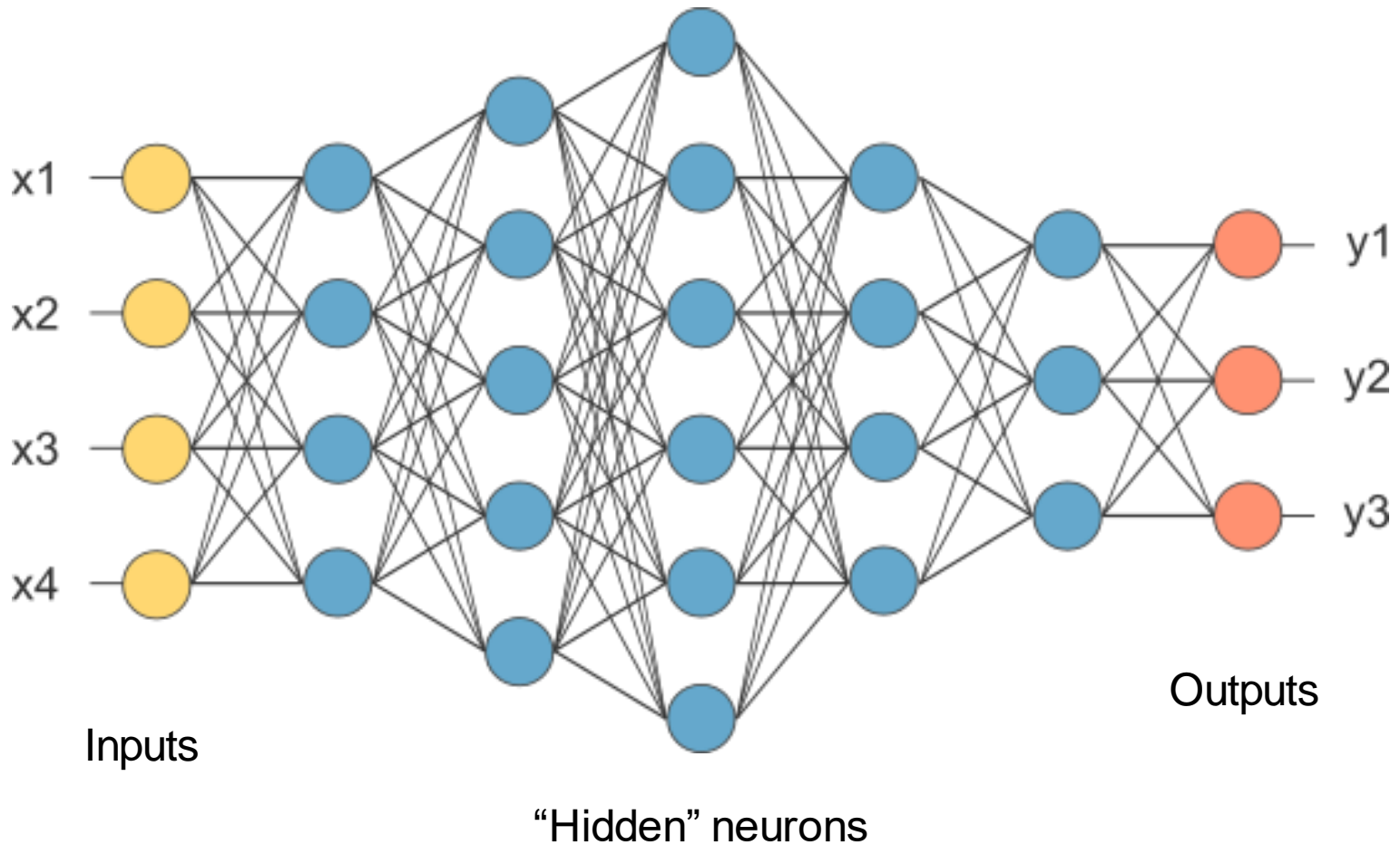
Biologically Inspired Neuron



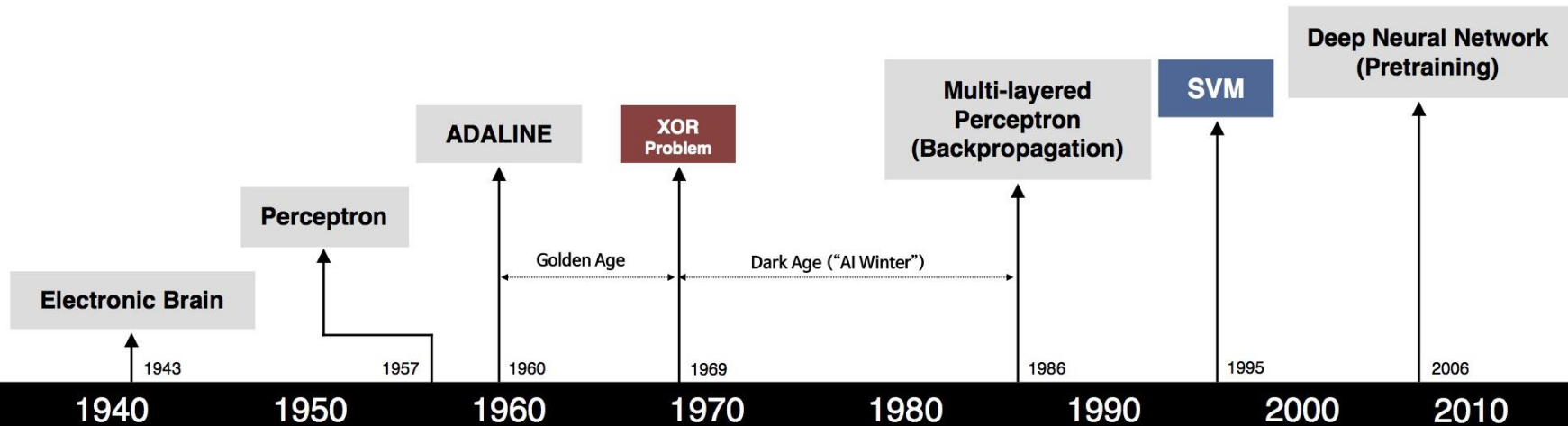
Redes Neuronales Artificiales



Redes Neuronales Artificiales



Desarrollo Redes Neuronales



S. McCulloch - W. Pitts



F. Rosenblatt



B. Widrow - M. Hoff



M. Minsky - S. Papert



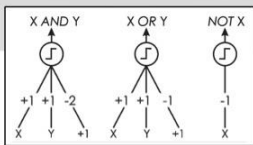
D. Rumelhart - G. Hinton - R. Williams



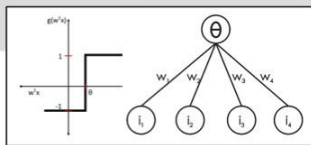
V. Vapnik - C. Cortes



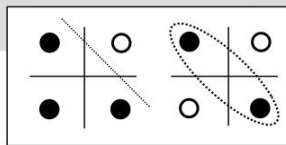
G. Hinton - S. Ruslan



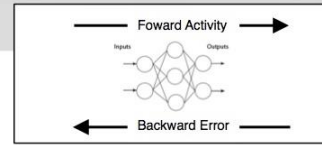
- Adjustable Weights
- Weights are not Learned



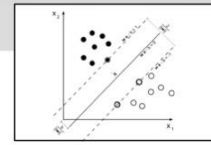
- Learnable Weights and Threshold



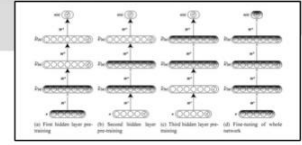
- XOR Problem



- Solution to nonlinearly separable problems
- Big computation, local optima and overfitting

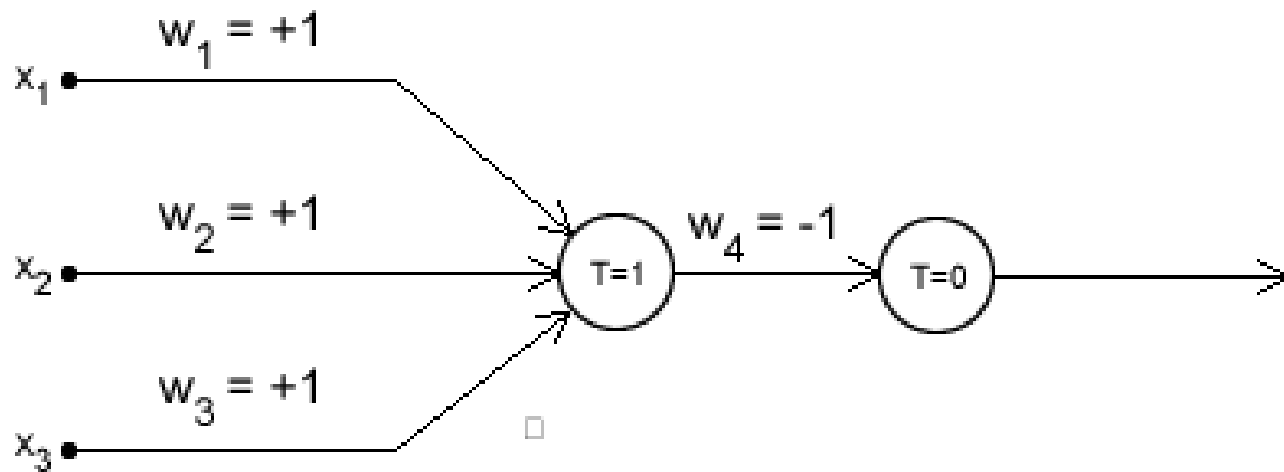


- Limitations of learning prior knowledge
- Kernel function: Human Intervention



- Hierarchical feature Learning

McCulloch-Pitts Model (1940's)



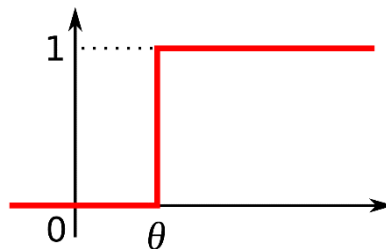
McCulloch-Pitts Model (1940's)

- Llamado *Logical Threshold Unit*.
- Inputs $x_j = 0$ ó $x_j = 1$.
- Pesos w_{ij} fijos.

$w_{ij} = 1$: excitador

$w_{ij} = -1$: inhibidor

- Función de activación tipo umbral:



Rosenblatt's Model (1960's)

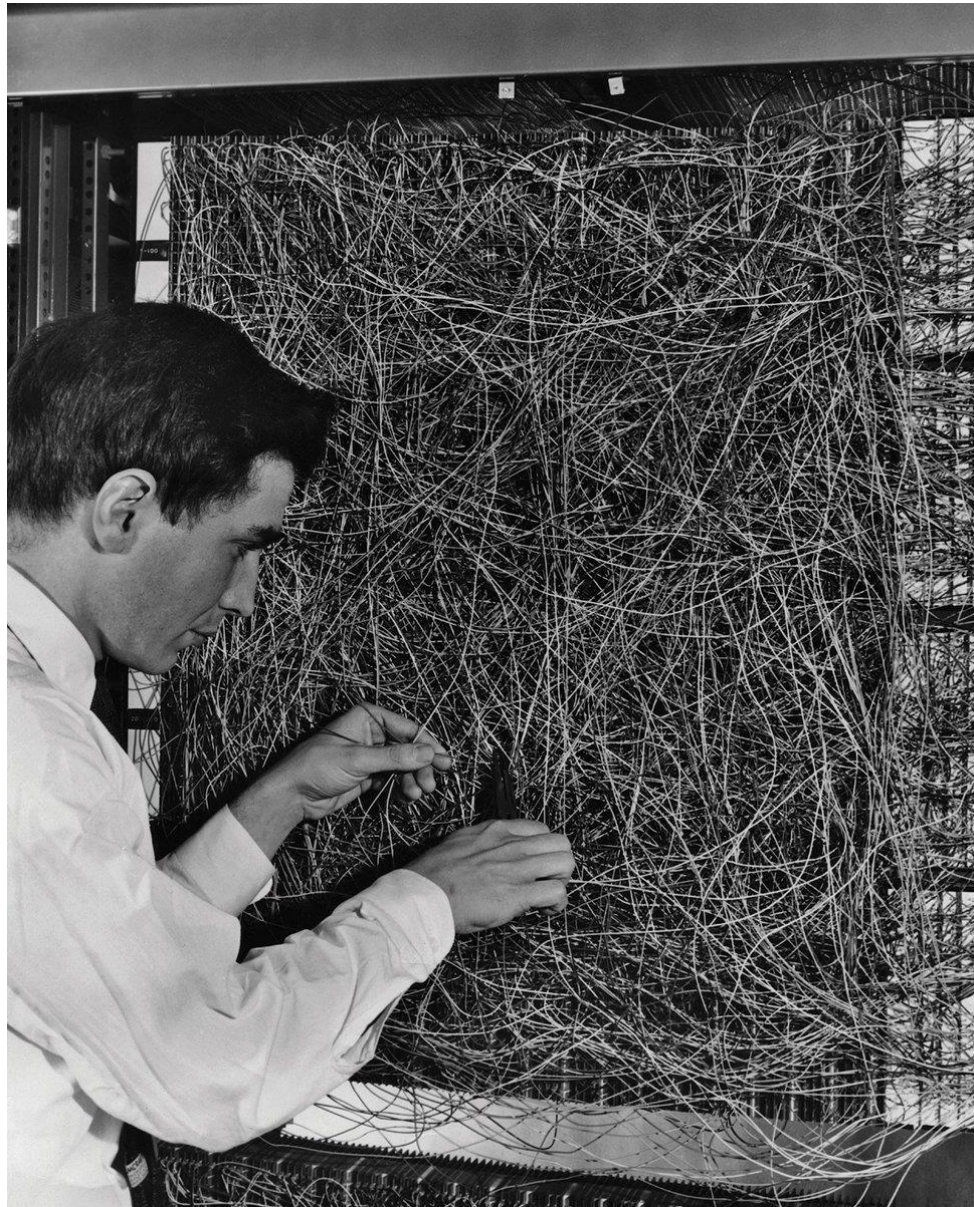
- Llamado *Perceptron*.
- Inputs variables.
- Pesos w_{ij} variables:

Los pesos pueden ser aprendidos
(mediante algoritmos).

- Función de activación tipo umbral
- Clasificador binario

$$\varphi(x) = \text{sign}(w \cdot x + b)$$

Rosenblatt's Model (1960's)



Rosenblatt's Model (1960's)

Algoritmo iterativo:

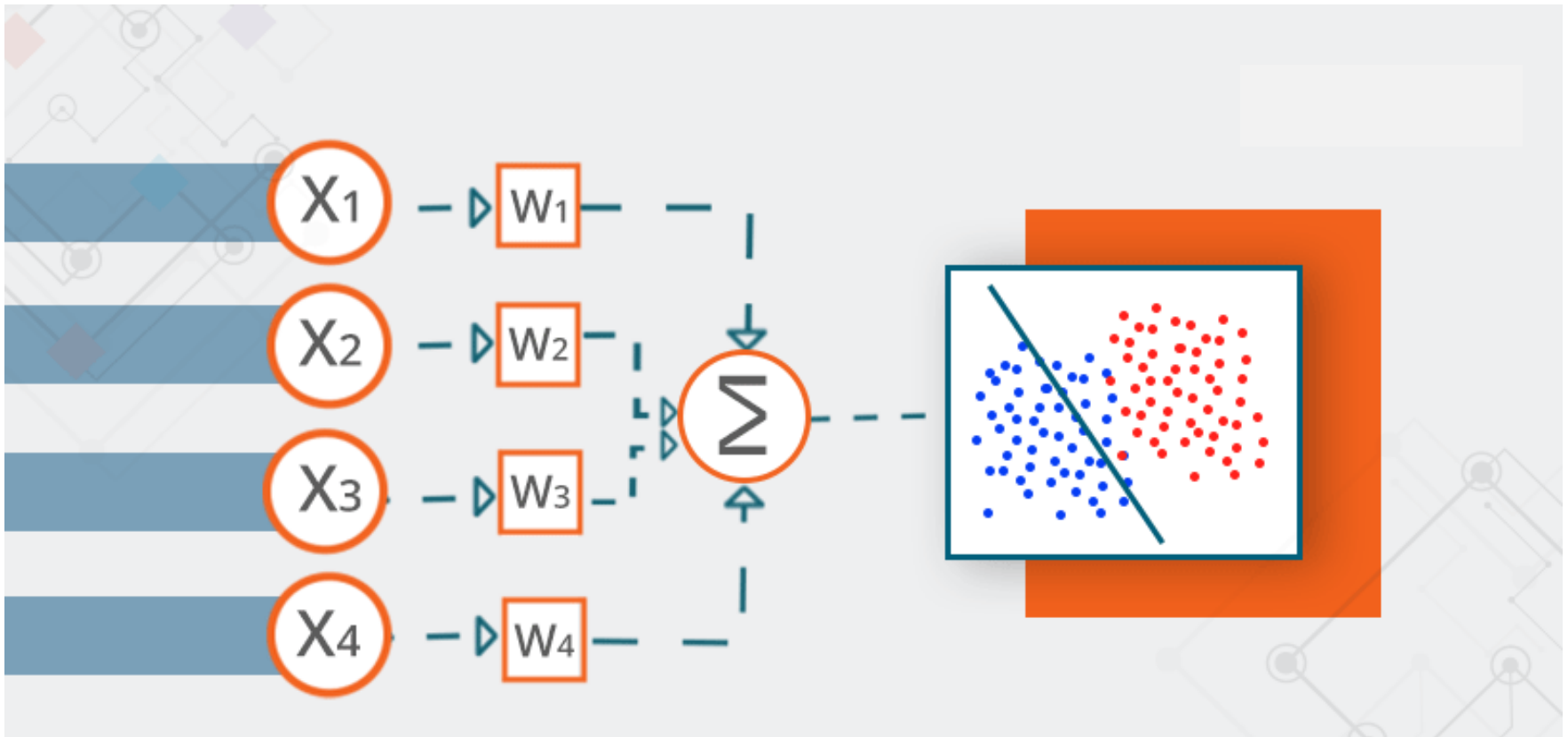
- Dados (x_i, y_i) y pesos iniciales w_j, b aleatorios, se calcula

$$\hat{y}_i = \varphi(w \cdot x_i + b)$$

- Los pesos w_{ij}, b se actualizan usando descenso gradiente

$$w_j^{(t+1)} = w_j^{(t)} + \alpha \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i) x_{ij}$$

Rosenblatt's Model (1960's)

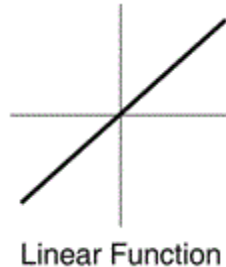


Perceptron Learning Algorithm

Widrow-Hoff Model (1960's)

Similar al modelo de Rosenblatt, pero

- Función de activación lineal

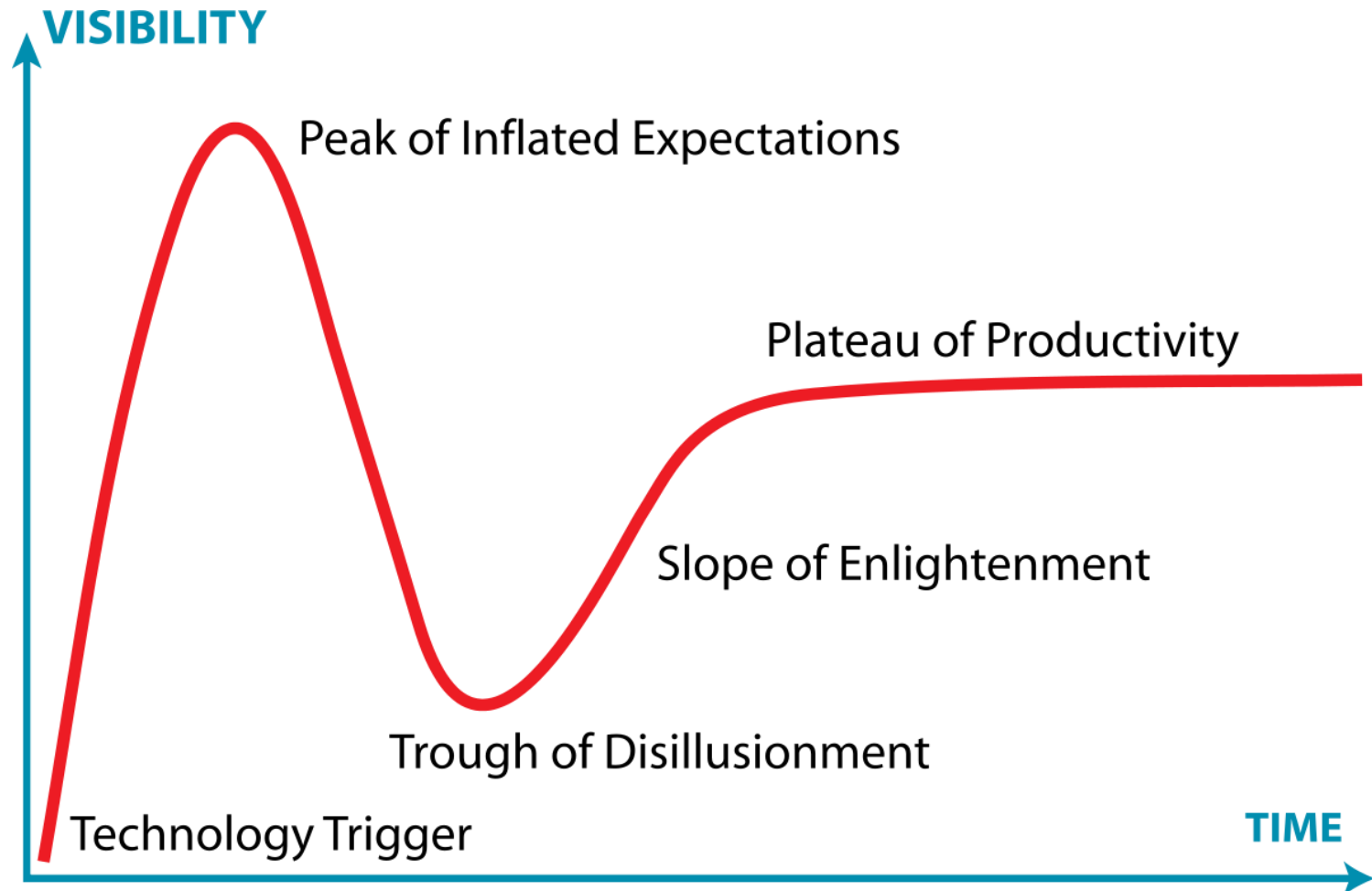


$$\hat{y}_i = \varphi(w \cdot x_i + b) = w \cdot x_i + b$$

- Algoritmo de actualización ADALINE
(**Adaptive Linear Neuron**)

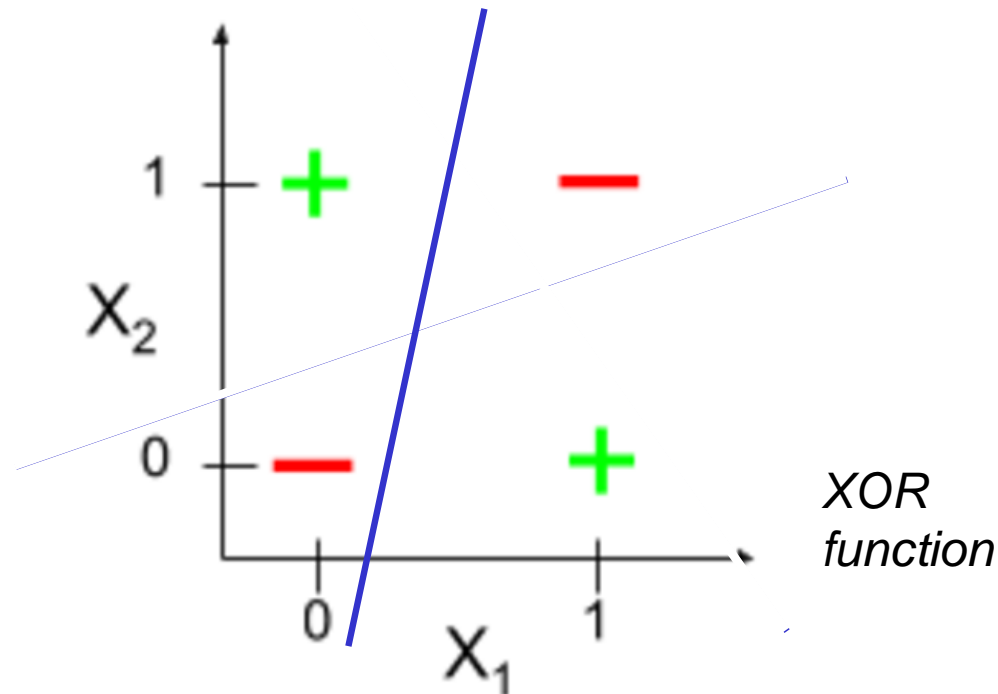
The Golden Age (1960's)

- Curva de Gartner para una tecnología



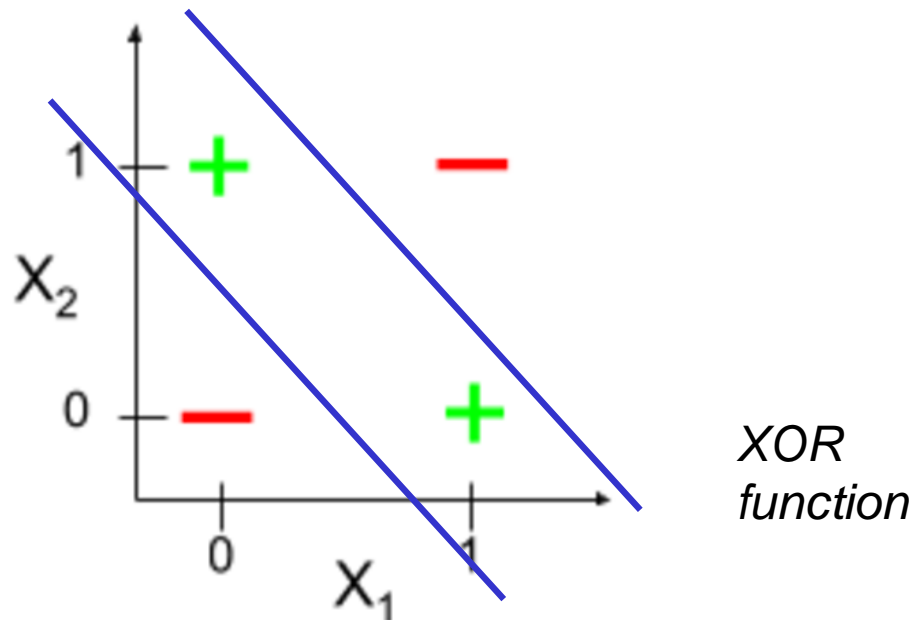
Dark Ages (1970's)

- Minsky y Papert (1969) publican ***Perceptrons: an introduction to computational geometry.***
- Crítica y limitaciones al modelo perceptrón.
- “Invierno” de la inteligencia artificial.

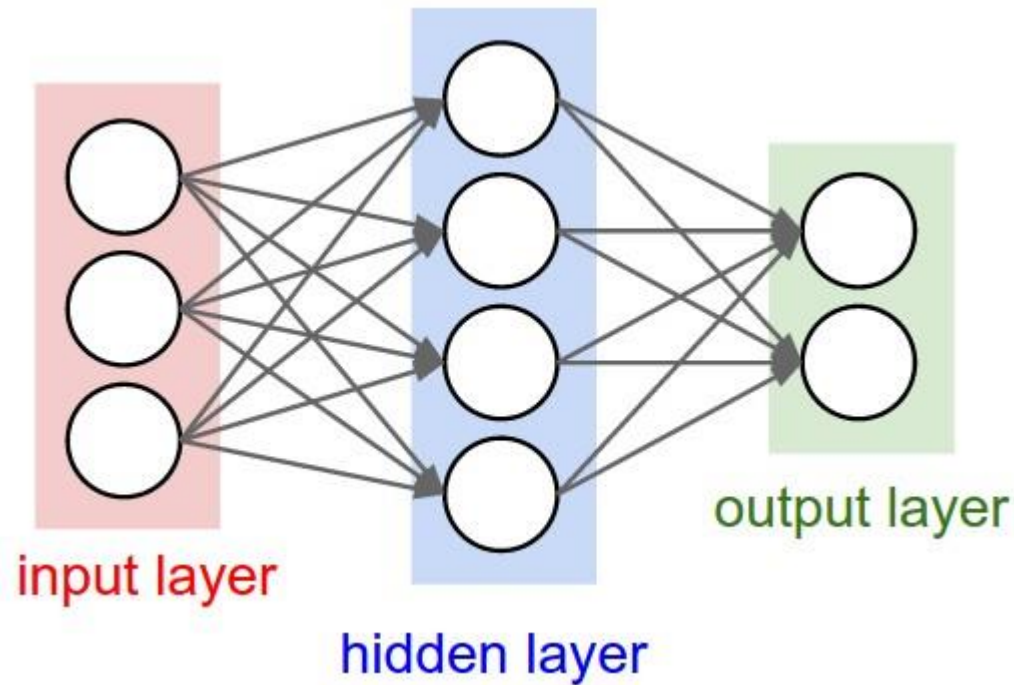


Segunda Era (1980's)

- Rumelhart, Hinton y Williams (1986)
Nature: Learning representations by back-propagating errors.
- Solución al problema de la separabilidad.



Segunda Era (1980's)

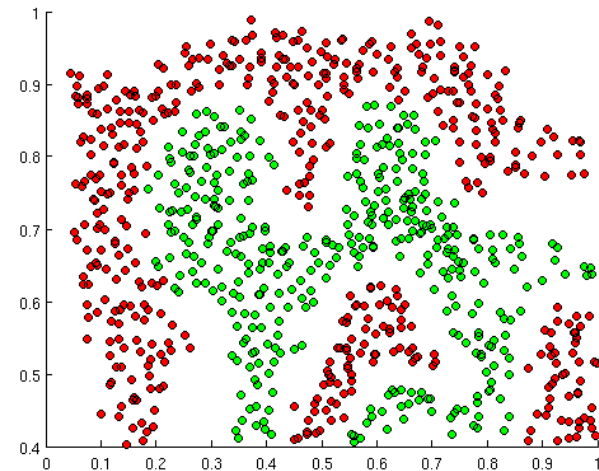
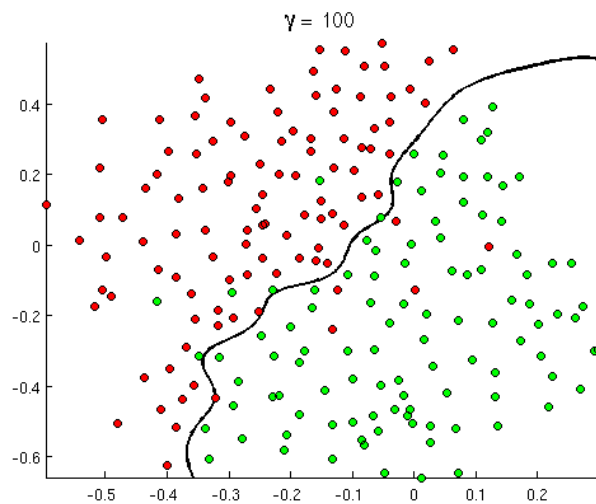
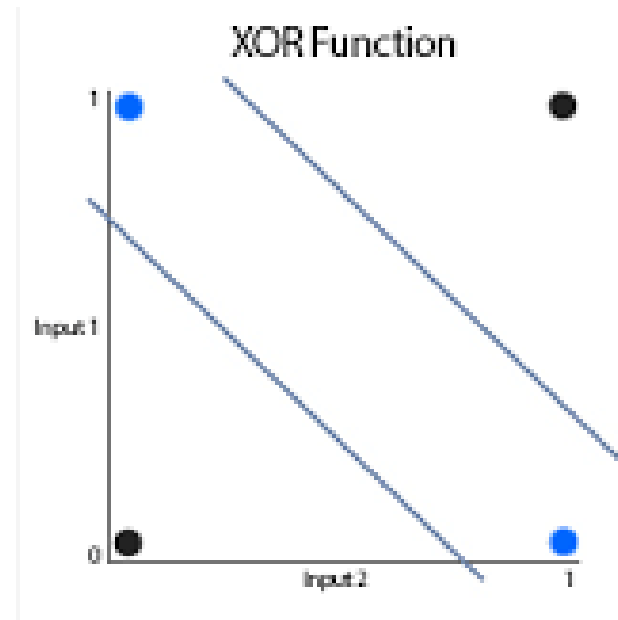
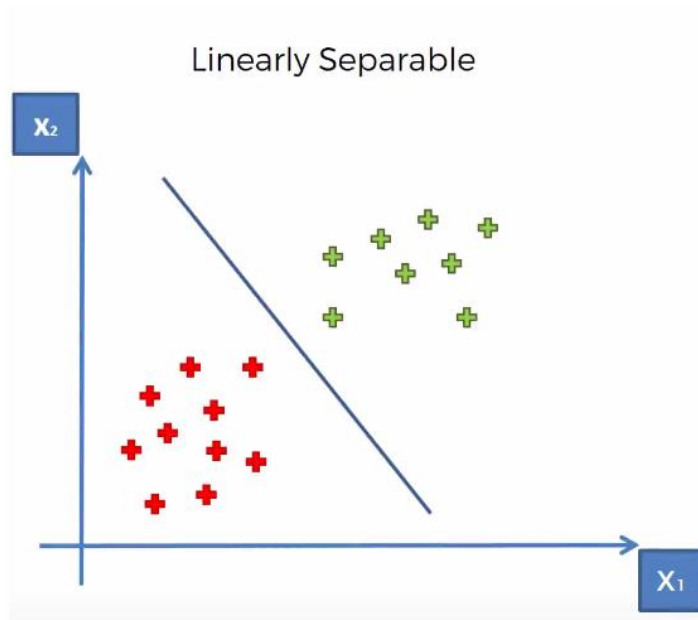


- Redes multicapa.
- Algoritmo de ***back-propagation***.

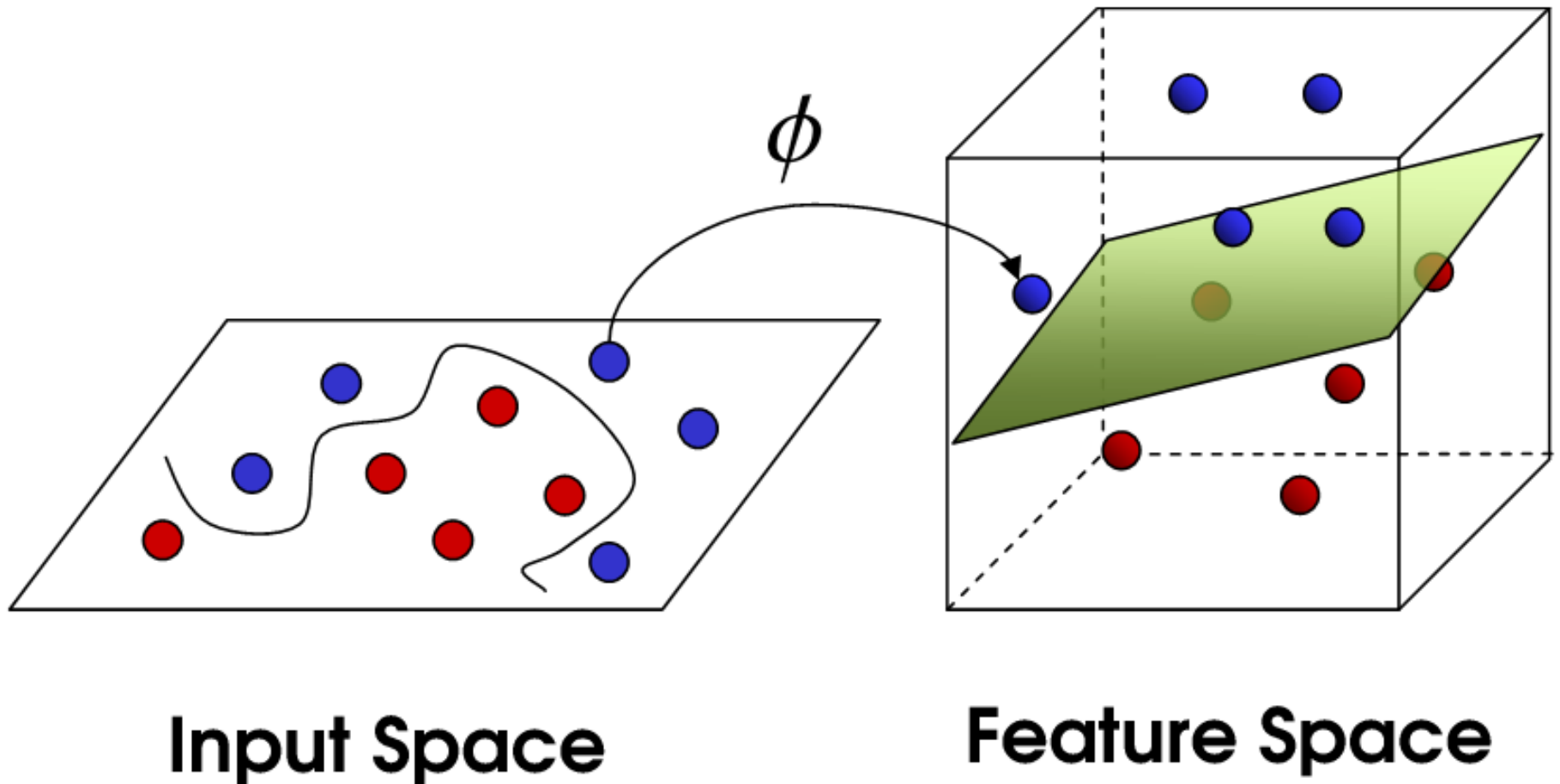
Segunda Era (1980's)

- K. Fukushima (79')
NeoCognitron.
Trabajos en redes multicapa.
- Teoría matemática de redes neuronales.
- G. Cybenko (1989).
Teorema de representación universal.

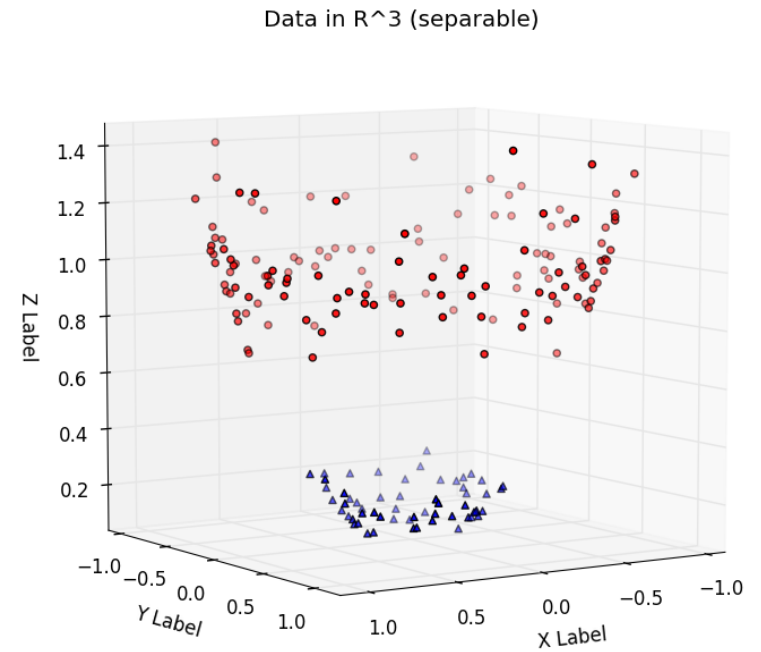
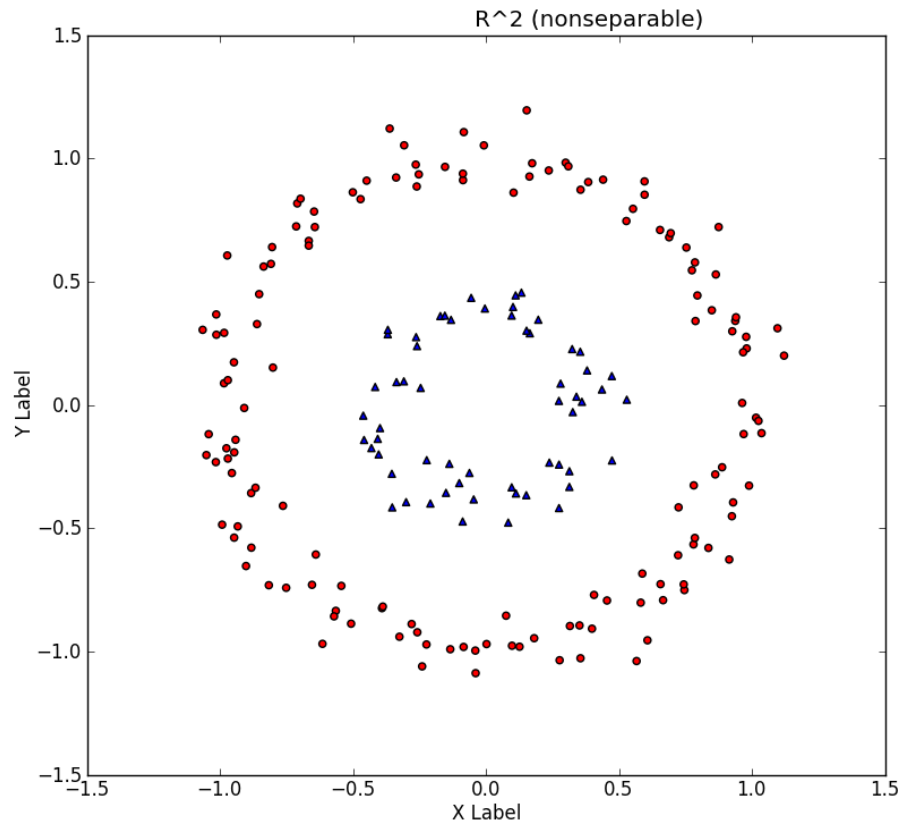
Aproximadores universales



Geometría de las redes neuronales

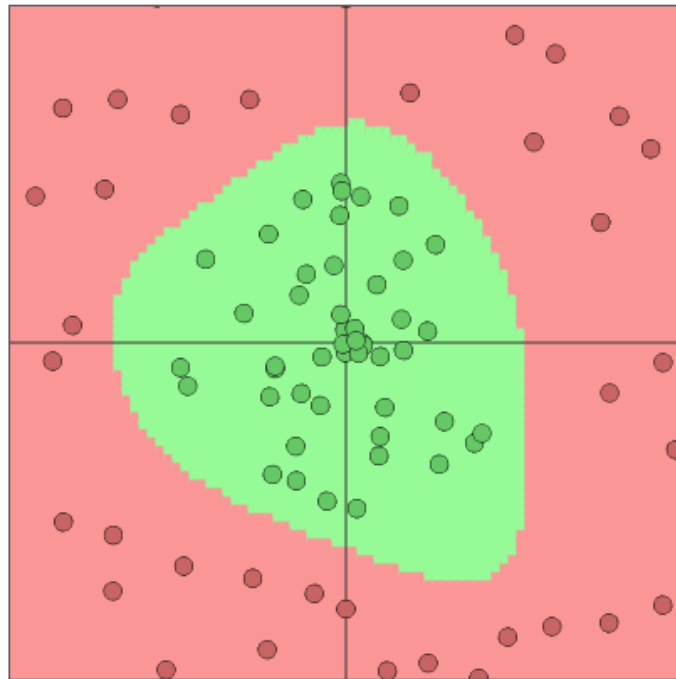


Ejemplo: Kernel Trick



Ejemplo:

- Geometría de las redes neuronales.



simple data

circle data

spiral data

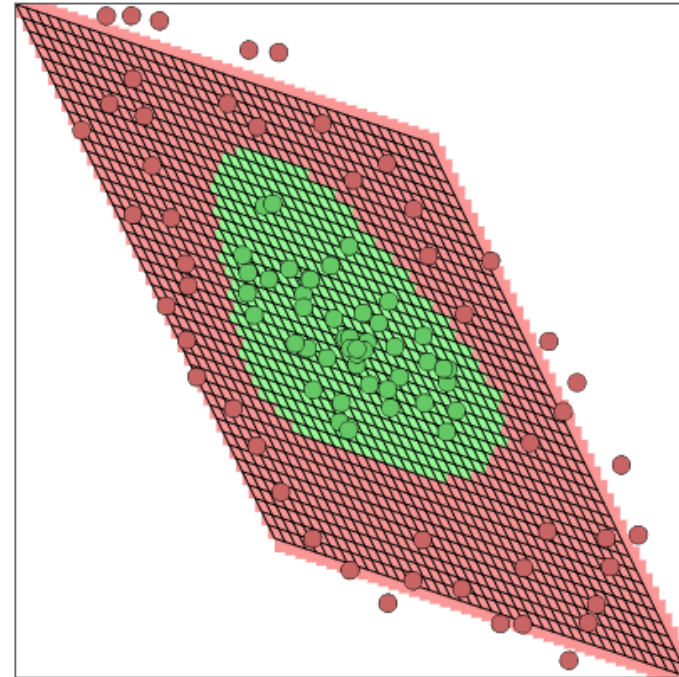
random data

Controls:

CLICK: Add red data point

SHIFT+CLICK: Add green data point

CTRL+CLICK: Remove closest data point



drawing neurons 0 and 1 of layer with index 1 (fc)

fc(6)

tanh(6)

fc(2)

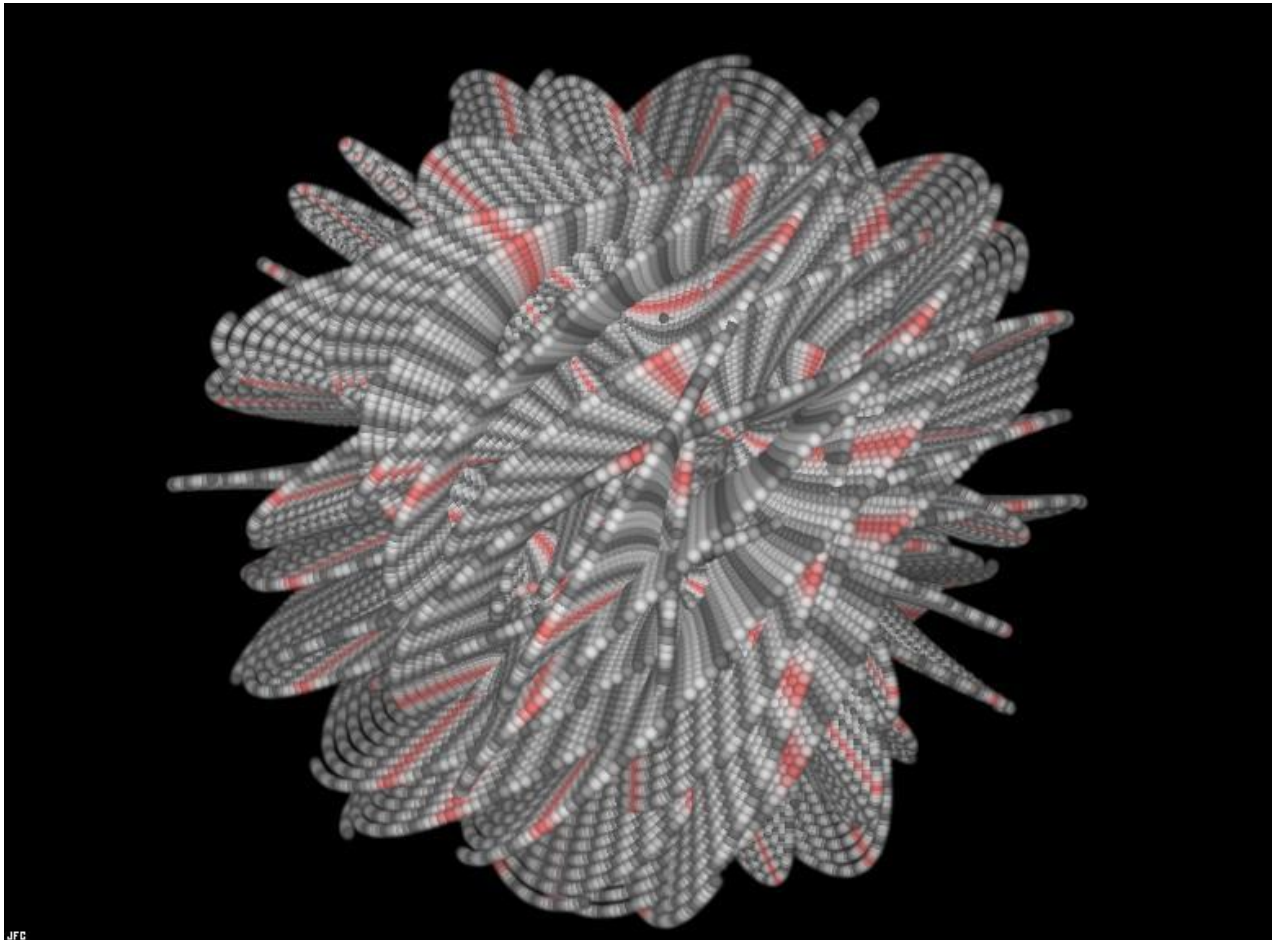
tanh(2)

fc(2)

cycle through visualized neurons at selected layer (if more than 2)

Manifold Hypothesis

- Datos - - - Estructura de variedad M .
- Red Neuronal - - - transforma \mathbb{R}^m en M .



Second winter (1990's)

- Financiamiento sector militar.
- Sobre-expectativa en proyectos.
 - autos autónomos
 - máquinas inteligentes
- Reducción en el apoyo a proyectos del área “Inteligencia Artificial”.
- Cambio de nombre: [informatics](#), machine learning, analytics, [knowledge-based systems](#), [business rules management](#), [cognitive systems](#), intelligent systems, [intelligent agents](#) or [computational intelligence](#)

Siglo XXI (2000 – hoy)

- Era de la información: redes cada vez mayores.
- Industria de cómputo (*gaming*) y de cómputo distribuido



- Inversión de grandes compañías (Nvidia, Google, Facebook, Amazon, Baidu, ...)

Estado actual de la IA

AI R&D timetable

