



Escuela
Nacional de
Estudios
Superiores

Rodolfo Ferro

ferro@cimat.mx

<https://rodolfoferro.xyz>

Diplomado en Ciencia de Datos
Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad León

Agosto, 2024

Aprendizaje profundo

Módulo 5

Rodolfo Ferro (ferro@cimat.mx)

- › Sr. SWE (Data Engineer) @ Bisonic México
- › Miembro del Consejo Consultivo para el Desarrollo Económico, Creatividad e Innovación de León
- › **Formación:** BMath, CSysEng, StatMethodsSpc (*ongoing*)
- › **Experiencia:** ML Engineer @ Vindoo.ai (España), Sherpa Digital en IA @ Microsoft México, AI Research Assistant @ CIMAT & AI Research Intern @ Harvard.



ferro@cimat.mx



Tabla de contenidos

- 1** Intro al aprendizaje profundo
- 2** Modelado profundo de secuencias

- 3** Visión computacional profunda
- 4** Modelado generativo profundo
- 5** Panorama actual y futuro

- 1 Intro al aprendizaje profundo
 - Motivación
 - Introducción
 - Contexto histórico
 - Perceptrón
 - Perceptrón multicapa
 - Aprendizaje
 - Regularización
- 2 Modelado profundo de secuencias
- 3 Visión computacional profunda
- 4 Modelado generativo profundo
- 5 Panorama actual y futuro





```
if(speed<4){  
    status=WALKING;  
}
```



```
if(speed<4){  
    status=WALKING;  
}
```



```
if(speed<4){  
    status=WALKING;  
} else {  
    status=RUNNING;  
}
```

Motivación

Intro al aprendizaje profundo





```
if(speed<4){  
    status=WALKING;  
}
```



```
if(speed<4){  
    status=WALKING;  
} else {  
    status=RUNNING;  
}
```



```
if(speed<4){  
    status=WALKING;  
} else if(speed<12){  
    status=RUNNING;  
} else {  
    status=BIKING;  
}
```



```
if(speed<4){  
    status=WALKING;  
}
```



```
if(speed<4){  
    status=WALKING;  
} else {  
    status=RUNNING;  
}
```



```
if(speed<4){  
    status=WALKING;  
} else if(speed<12){  
    status=RUNNING;  
} else {  
    status=BIKING;  
}
```



```
// ????
```


¿Qué es el *Deep Learning*?

Intro al aprendizaje profundo

El aprendizaje profundo (Deep Learning) comprende algoritmos de Machine Learning que (particularmente) utilizan múltiples capas apiladas de unidades de procesamiento para aprender representaciones en un alto nivel sobre datos no estructurados.

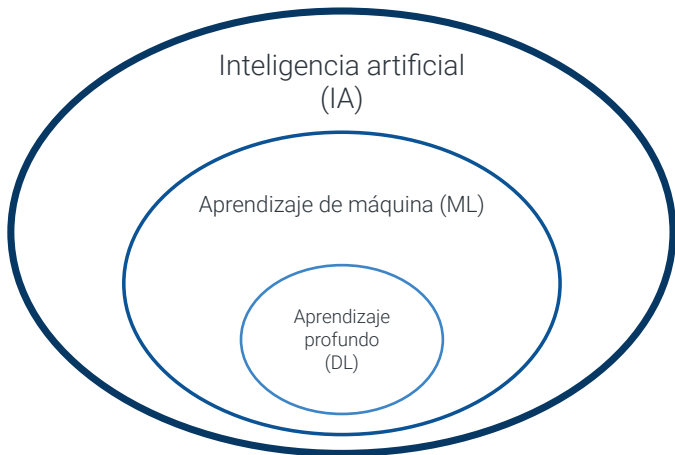
David Foster (Generative Deep Learning)



Escuela
Nacional de
Estudios
Superiores

¿Qué es el *Deep Learning*?

Intro al aprendizaje profundo



ferro@ciimat.mx



Escuela
Nacional de
Estudios
Superiores

¿Qué es el *Deep Learning*?

Intro al aprendizaje profundo

- **Inteligencia artificial:** Cualquier técnica que permita a las computadoras emular o imitar el comportamiento humano.
- **Aprendizaje de máquina:** Capacidad de aprender sin ser programado explícitamente, enfoque en los algoritmos y la matemática.
- **Aprendizaje profundo:** Extrae patrones de datos utilizando redes neuronales.



¿Por qué el *Deep Learning*?

Intro al aprendizaje profundo



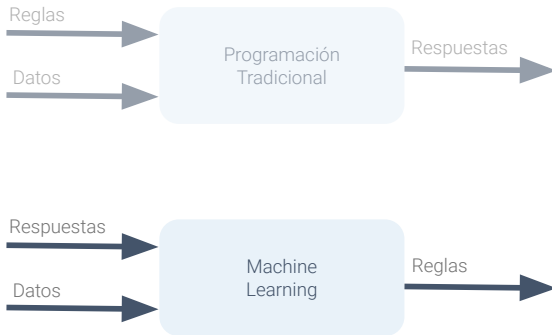
ferro@ciimat.mx



Escuela
Nacional de
Estudios
Superiores

¿Por qué el *Deep Learning*?

Intro al aprendizaje profundo



ferro@ciimat.mx



¿Por qué el *Deep Learning*?

Intro al aprendizaje profundo

- La ingeniería de características requiere mucho tiempo, es susceptible a errores y no es escalable consistentemente con datos complejos. Mejor busquemos aprender las características subyacentes directamente de los datos.
- Las redes neuronales artificiales existen desde hace décadas, pero su predominio actual reside principalmente en los siguientes tres aspectos:
 - 1 Hardware (GPUs, etc. + Paralelización)
 - 2 Software (Frameworks para trabajar con NNs)
 - 3 Grandes cantidades de datos
- El aprendizaje profundo está revolucionando muchos campos.

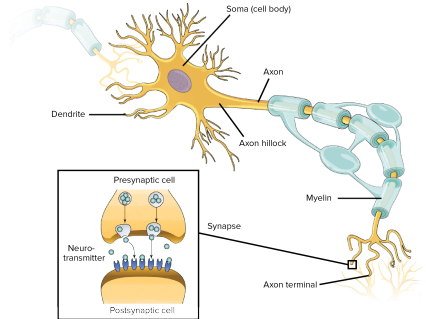
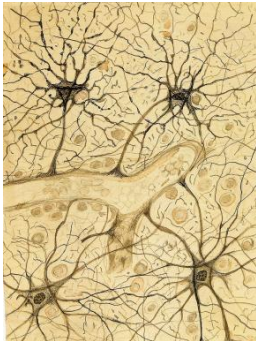




Figure: Santiago Ramón y Cajal

Contexto histórico

Intro al aprendizaje profundo



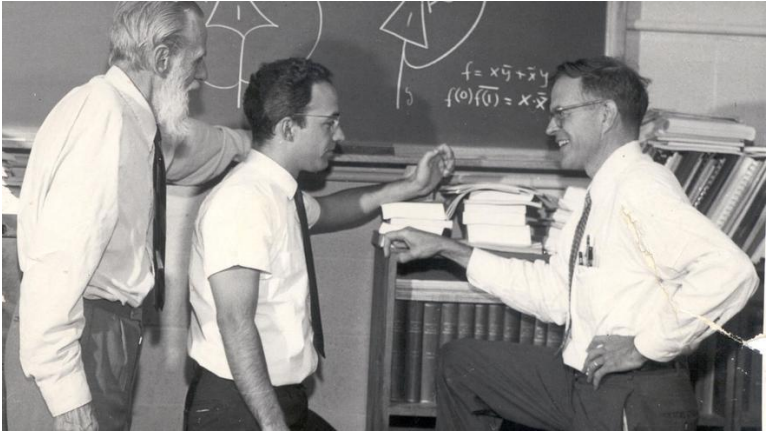
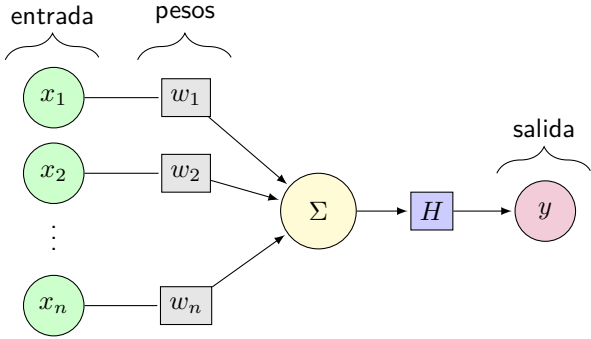


Figure: Warren McCulloch & Walter Pitts



$$\Sigma \longrightarrow \sum_{i=1}^n w_i x_i$$

La operación matemática que realiza la neurona para la decisión de umbralización se puede escribir como:

$$f(\mathbf{x}) = \begin{cases} 0 & \text{si } \sum_i w_i x_i < \text{umbral o threshold} \\ 1 & \text{si } \sum_i w_i x_i \geq \text{umbral o threshold} \end{cases}$$

donde $i \in \{1, 2, \dots, n\}$, y así, $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$.

De lo anterior, podemos despejar el umbral y escribirlo como b , obteniendo:

$$f(\mathbf{x}) = \begin{cases} 0 & \text{si } \sum_i w_i x_i + b < 0 \\ 1 & \text{si } \sum_i w_i x_i + b > 0 \end{cases}$$

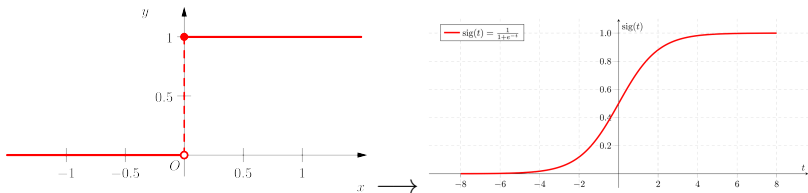
donde $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ y $i \in \{1, 2, \dots, n\}$.

A esto que escribimos como b , también se le conoce como **bias**, y una interpretación es describir *qué tan susceptible es la neurona a **dispararse*** (como se exploró en el ejemplo práctico de la identificación de la actividad de Julieta).



Bias y función de activación

Intro al aprendizaje profundo



El Perceptrón

Intro al aprendizaje profundo

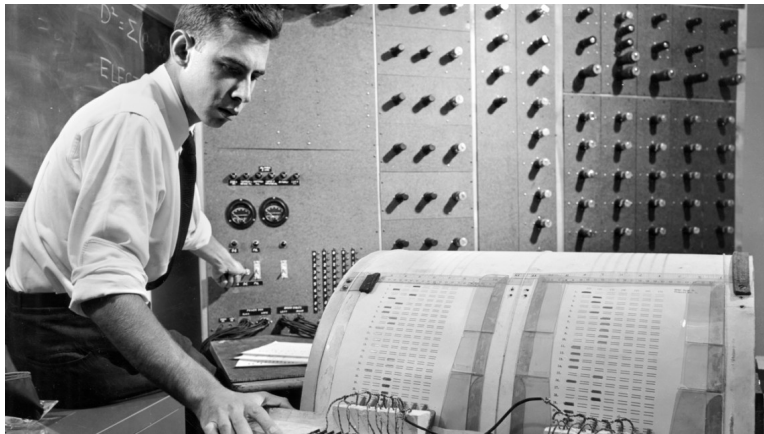
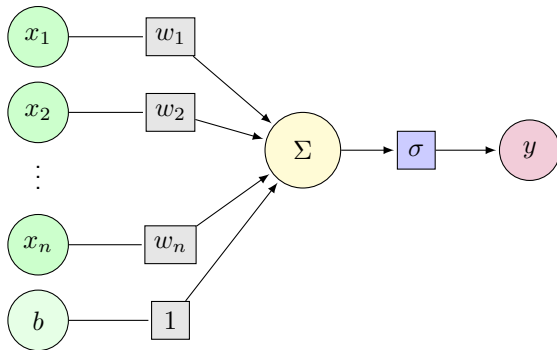


Figure: Frank Rosenblatt

El Perceptrón

Intro al aprendizaje profundo



¡Y se agrega un algoritmo formal de entrenamiento!
(*Backpropagation*)



Idea intuitiva de entrenamiento

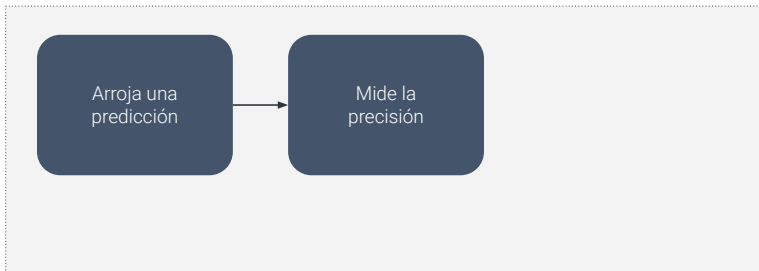
Intro al aprendizaje profundo

Arroja una
predicción



Idea intuitiva de entrenamiento

Intro al aprendizaje profundo



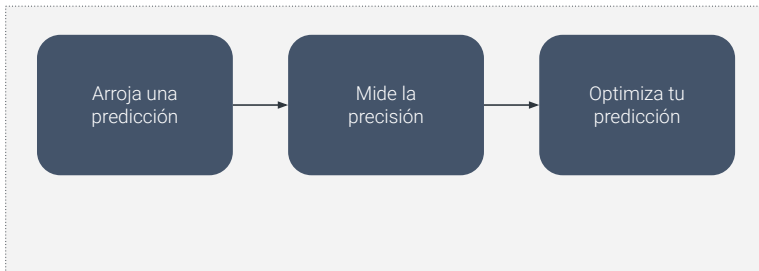
ferro@ciimat.mx



Escuela
Nacional de
Estudios
Superiores

Idea intuitiva de entrenamiento

Intro al aprendizaje profundo

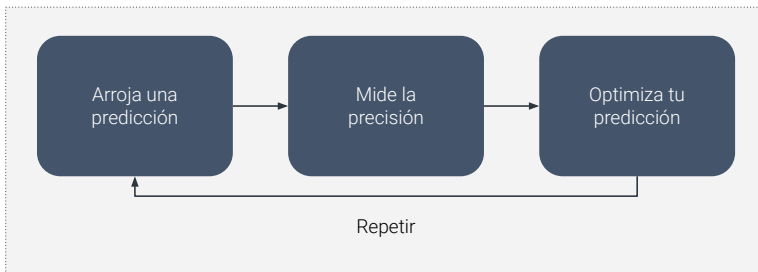


ferro@ciimat.mx



Idea intuitiva de entrenamiento

Intro al aprendizaje profundo



Dado el vector X , ¿qué vector (A, B, C) se le *parece* más?

$$X = \begin{bmatrix} 0.5 \\ 0.3 \\ 0.7 \end{bmatrix}$$

$$A = \begin{bmatrix} 0.3 \\ 0.3 \\ 0.3 \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 0.6 \\ 0.2 \\ 0.6 \end{bmatrix}, C = \begin{bmatrix} -0.5 \\ -0.3 \\ -0.7 \end{bmatrix}$$

Dado el vector X , ¿qué vector (A, B, C) se le *parece* más?

$$X = \begin{bmatrix} 0.5 \\ 0.3 \\ 0.7 \end{bmatrix}$$

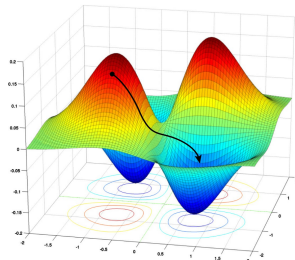
$$A = \begin{bmatrix} 0.3 \\ 0.3 \\ 0.3 \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 0.6 \\ 0.2 \\ 0.6 \end{bmatrix}, C = \begin{bmatrix} -0.5 \\ -0.3 \\ -0.7 \end{bmatrix}$$



Optimización del error

Intro al aprendizaje profundo

- › **Error:** Es una función.
- › **Optimizar:** Maximizar o minimizar.
- › **Gradiente:** Derivada de una función vectorial, proporciona información sobre máximos o mínimos.
- › **Descenso de gradiente:** Algoritmo para, iterativamente, buscar optimizar una función.
- › **Limitantes:**
 - ›› Max's/min's locales.
 - ›› Tamaño de salto en gradiente



ferro@ciimat.mx



Hasta este punto, debemos notar que hay algunas observaciones importantes:

- **TLUs:**

- » No existe un algoritmo de aprendizaje formal → Búsqueda de pesos.
- » Se limita a propagación hacia adelante (*forward pass/forward propagation*)

- **Perceptrón:** Puede utilizar retropropagación, introducido en 1958.

- **Retropropagación:** Algoritmo para realizar ajustes en los valores de los pesos.

- **Limitantes:** Separabilidad lineal.

- **¿Alguna otra observación?**

Ejercicio: Manzanas vs. Naranjas



- › Breve historia sobre el perceptrón
- › Post sobre el perceptrón de Rosenblatt
- › Post sobre la función de activación
- › Selección de threshold para clasificadores binarios
- › Post sobre redes neuronales por IBM

