

# APRENDIZAJE AUTOMATICO PROFUNDO (DEEP LEARNING)



## □ **Profesora : Dra. Laura Lanzarini**

- Temas: Redes Neuronales y Técnicas de Optimización
- Aplicaciones en Minería de Datos y Procesamiento de Señales.

## □ **JTP : Esp. César Estrebou**

- Temas: Redes Neuronales Profundas
- Desarrollo de aplicaciones de Machine Learning para Sistemas Embebidos.

# Bibliografía

---

- **Deep Learning with Python, 2nd edition.**

François Chollet.

Manning Publications Co. 2021

- **Neural Networks and Deep Learning**

Michael A. Nilsen

Determination Press. 2015

# Reglamento

## □ **ACTIVIDADES**

- ▣ Responder cuestionarios.
- ▣ Examen escrito al final del curso.

## □ **NOTA FINAL** del curso

Promedio de

- ▣ Nota promedio de los cuestionarios.
- ▣ Nota del examen final

# Reglamento

## □ **ACTIVIDADES**

- ▣ Responder cuestionarios.
- ▣ Examen escrito al final del curso.

## □ **NOTA FINAL** del curso

Promedio de

- ▣ Nota promedio de los cuestionarios.
- ▣ Nota del examen final

## **APROBACION DEL CURSO**

### □ **Promoción**

- ▣ 75% de los cuestionarios aprobados
- ▣ Nota examen escrito  $\geq 6$  puntos.
- ▣ NOTA FINAL  $\geq 6$  puntos.

### □ **Cursada**

- ▣ 50% de los cuestionarios aprobados
- ▣ Nota examen escrito  $\geq 4$  puntos.
- ▣ NOTA FINAL  $\geq 4$  puntos

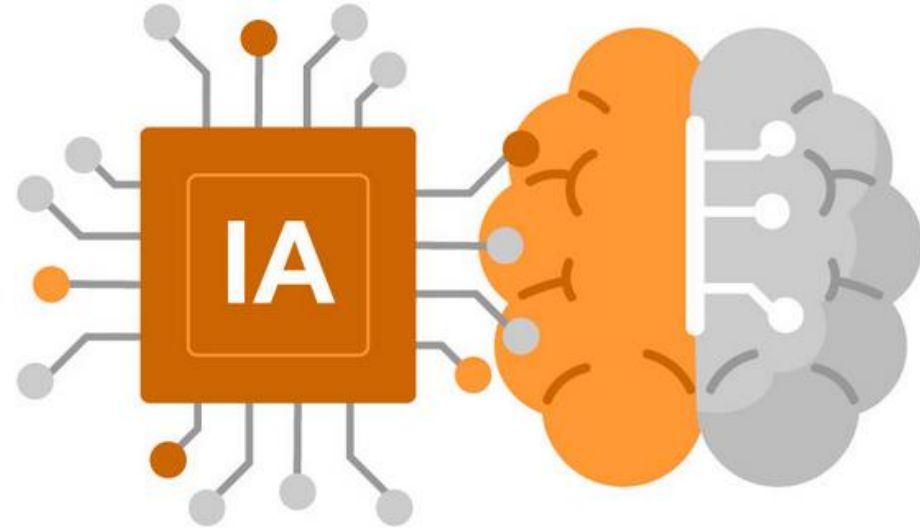
## Aprendizaje Automático Profundo (Deep Learning)

## Cronograma 2025

Semana	Teoría		Práctica		Cuestionarios
1	20-ago	Introducción al aprendizaje automático y aprendizaje profundo. Visualización y preprocesamiento.	25-ago	P1) Análisis y preprocesamiento de Datos	C1 - Preprocesamiento y visualización. Perceptrón (habilitado del 01/09 al 14/9)
2	27-ago	Redes Neuronales. Introducción. El perceptrón Matriz de confusión. Precisión y recall.	01-sep	P2) El perceptrón. Resolución de problemas de clasificación de 2 clases	
3	03-sep	Aprendizaje supervisado. Combinador lineal. Descenso del gradiente. Regresión Lineal.	08-sep	P3.a) Minimización de funciones por gradiente. Resolución de problemas de regresión lineal y polinomial.	C2 - Regresión y Clasificación binaria (habilitado del 15/9 al 28/9)
4	10-sep	Neurona no lineal. Regresión Logística. Clasificación multiclase. Entropía cruzada.	15-sep	P3.b) Resolución de problemas de clasificación binaria.	
5	17-sep	RN multiperceptrón. Algoritmo backpropagation.	22-sep	P3.c) Capa SoftMax. Métricas	
6	24-sep	Métricas de validación del modelo predictivo.	29-sep	P4.a) MLP aplicado a la resolución de problemas concretos	C3 - MLP (habilitado del 29/9 al 19/10)
7	01-oct	Redes Neuronales Profundas. Visualización de la red. Tipos de capas. Funciones de pérdida. Keras	06-oct	P4.b) validación de los modelos generados	
8	08-oct	Redes convolucionales	13-oct	<i>Día del Respeto a la Diversidad Cultural (trasladado del 12/10)</i>	
9	15-oct	Autoencoders y GANs	20-oct	P5) RN Convolucionales	C4- Redes Neuronales profundas. CNN (habilitado del 20/10 al 09/11)
10	22-oct	<i>Expo Ciencia y Tecnología - Hall de la Facultad</i>	27-oct	P6) Autoencoders y redes generativas	
11	29-oct	Repaso	03-nov	Consultas práctica 6 y 1ra. Fecha examen	
12			10-nov	<b>1ra. Fecha de Examen</b>	C5- Autoencoders y GANs.

# Inteligencia Artificial

- La **Inteligencia Artificial (IA)** es la inteligencia llevada a cabo por máquinas.
- **RAMAS**
  - ▣ **DEDUCTIVA** (lógica)
    - Sistemas expertos
  - ▣ **INDUCTIVA** (ejemplos)
    - Redes Neuronales
    - Técnicas de Optimización



# Inteligencia Artificial

□ La **Inteligencia Artificial (IA)** es la inteligencia llevada a cabo por máquinas.

□ **RAMAS**

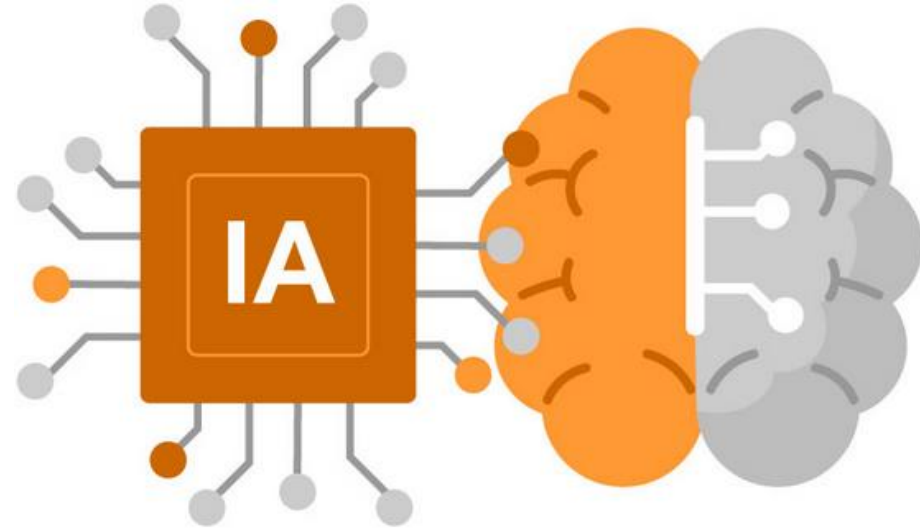
▣ **DEDUCTIVA** (lógica)

■ Sistemas expertos

▣ **INDUCTIVA** (ejemplos)

■ Redes Neuronales

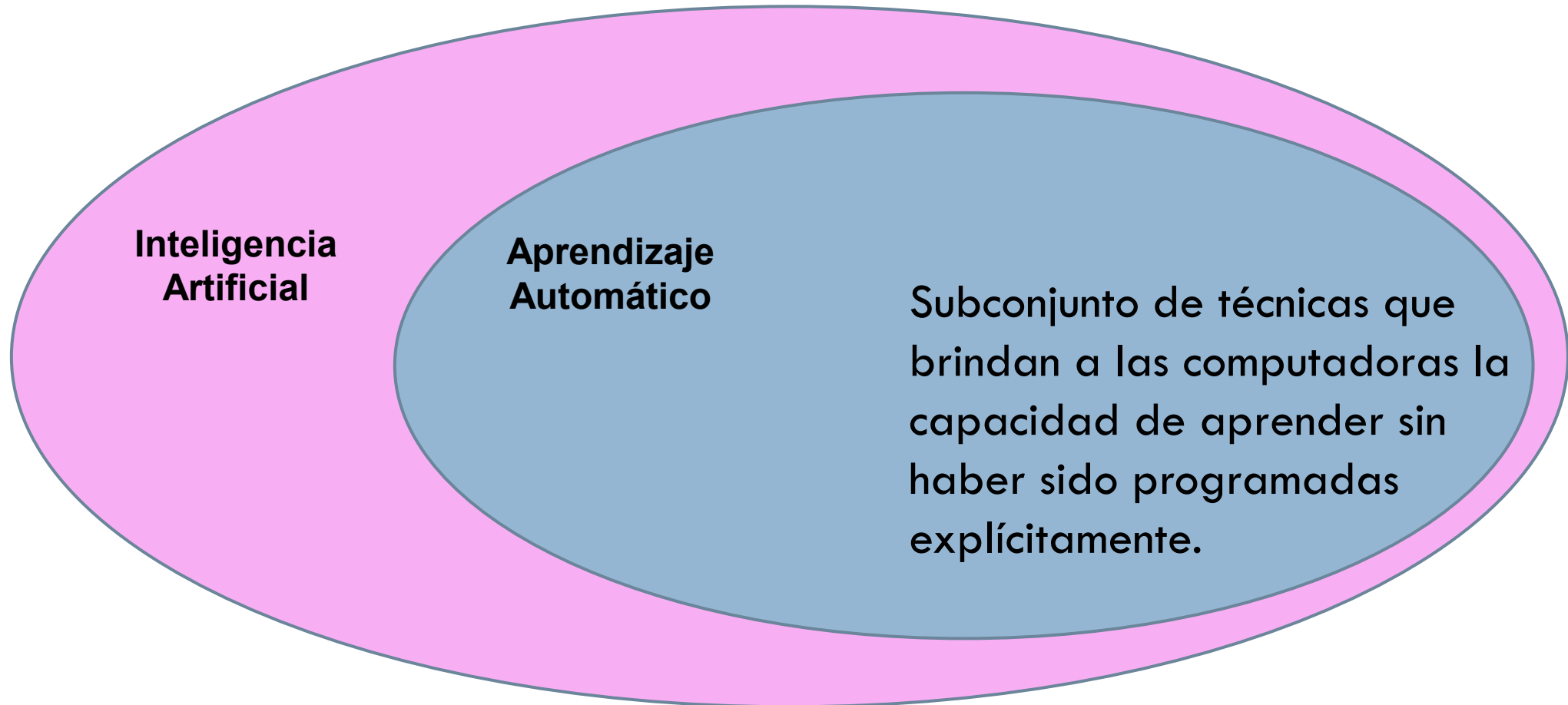
■ Técnicas de Optimización



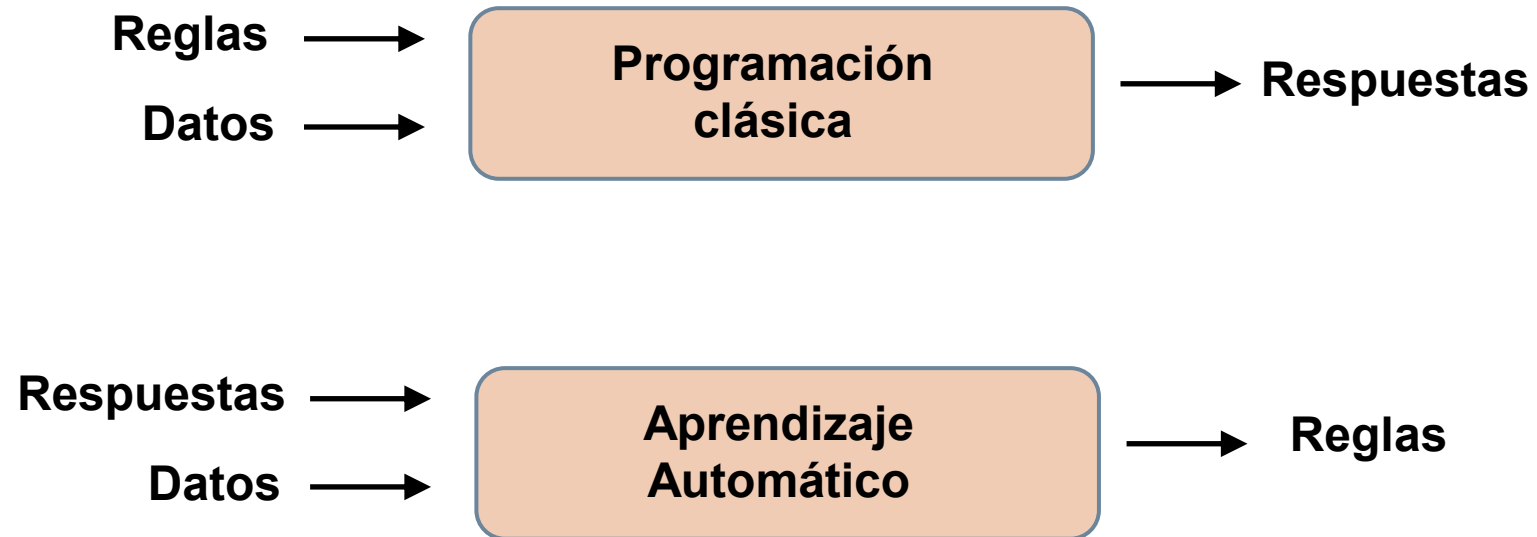
El **aprendizaje automático** pertenece a esta rama



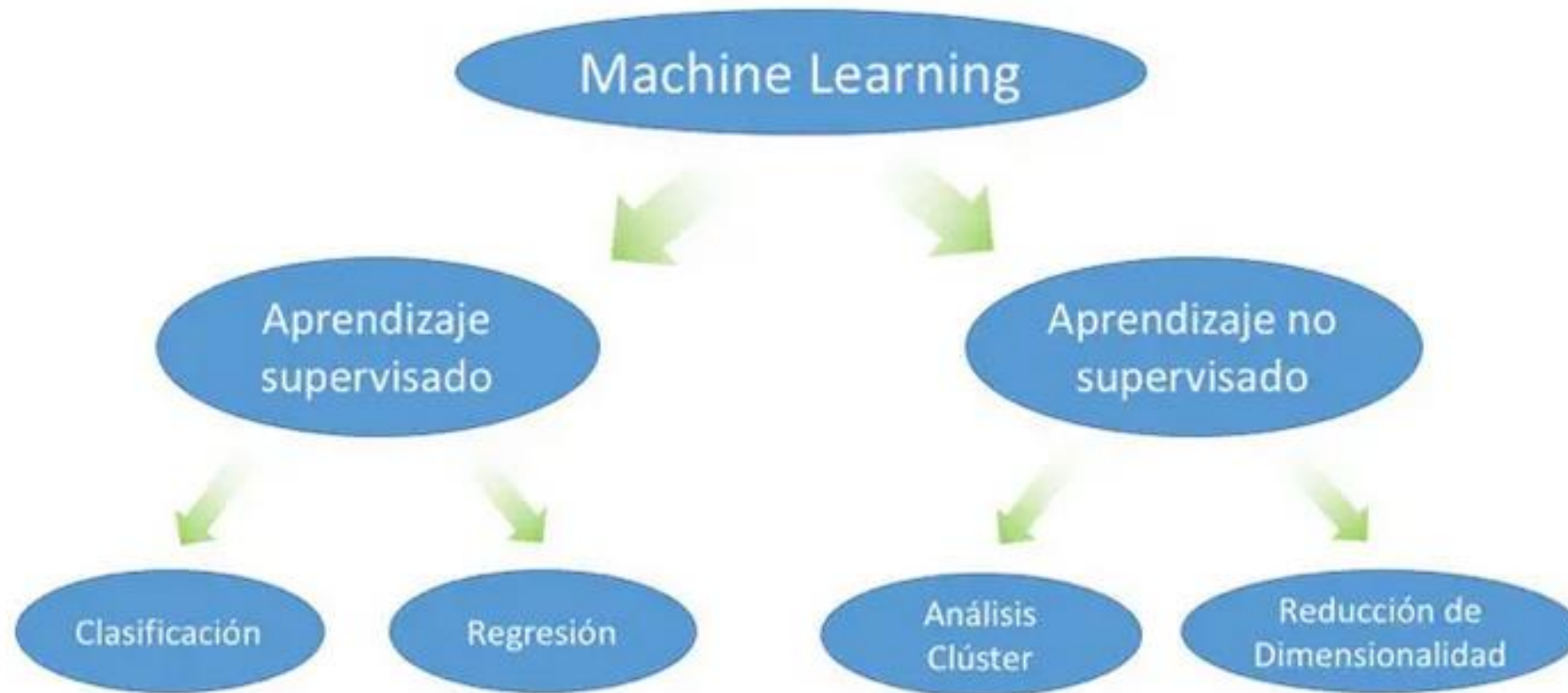
# IA y Aprendizaje Automático



# Programación clásica y Aprendizaje Automático



# Tipos de aprendizaje



# Aprendizaje supervisado

**GATO**



**GATO**



**GATO**



**ARBOL**



**ARBOL**



**CUADERNO**



**CUADERNO**



**CUADERNO**

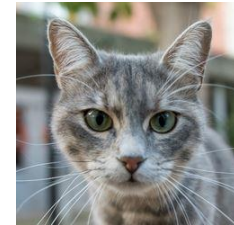


**GATO**



?

# Aprendizaje no supervisado



**AGRUPAMIENTO**

# Aprendizaje supervisado

**GATO**



**GATO**



**GATO**



**ARBOL**



**ARBOL**



**CUADERNO**



**CUADERNO**



**CUADERNO**



**En este curso trabajaremos con  
APRENDIZAJE SUPERVISADO**

**GATO**

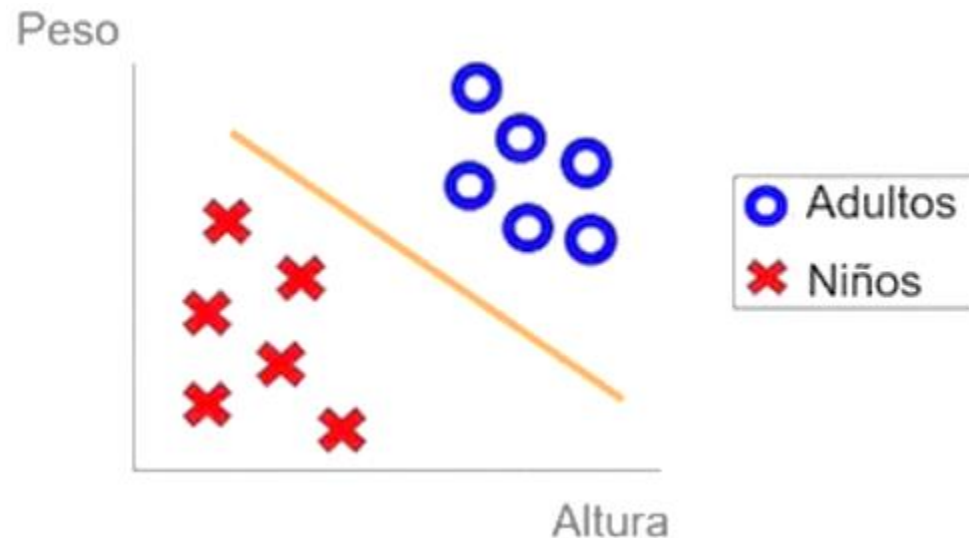


**?**

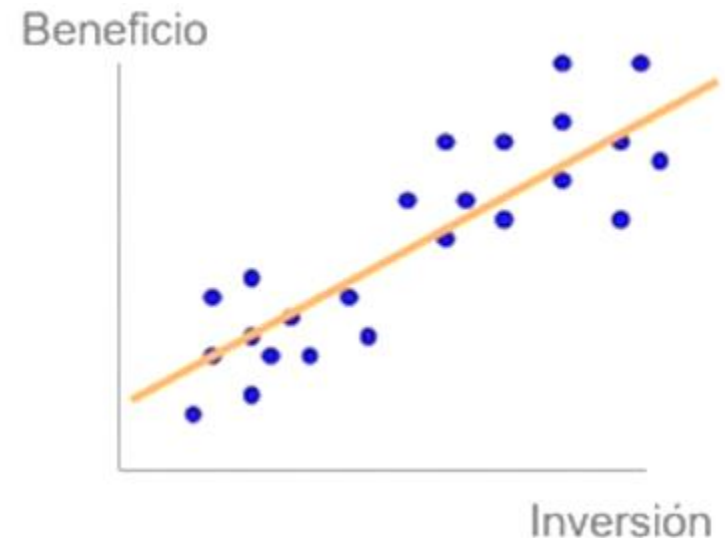
# Aprendizaje Supervisado

- Según si la respuesta a predecir es **discreta** o **continua** se trata de un problema de **clasificación** o de **regresión** respectivamente.

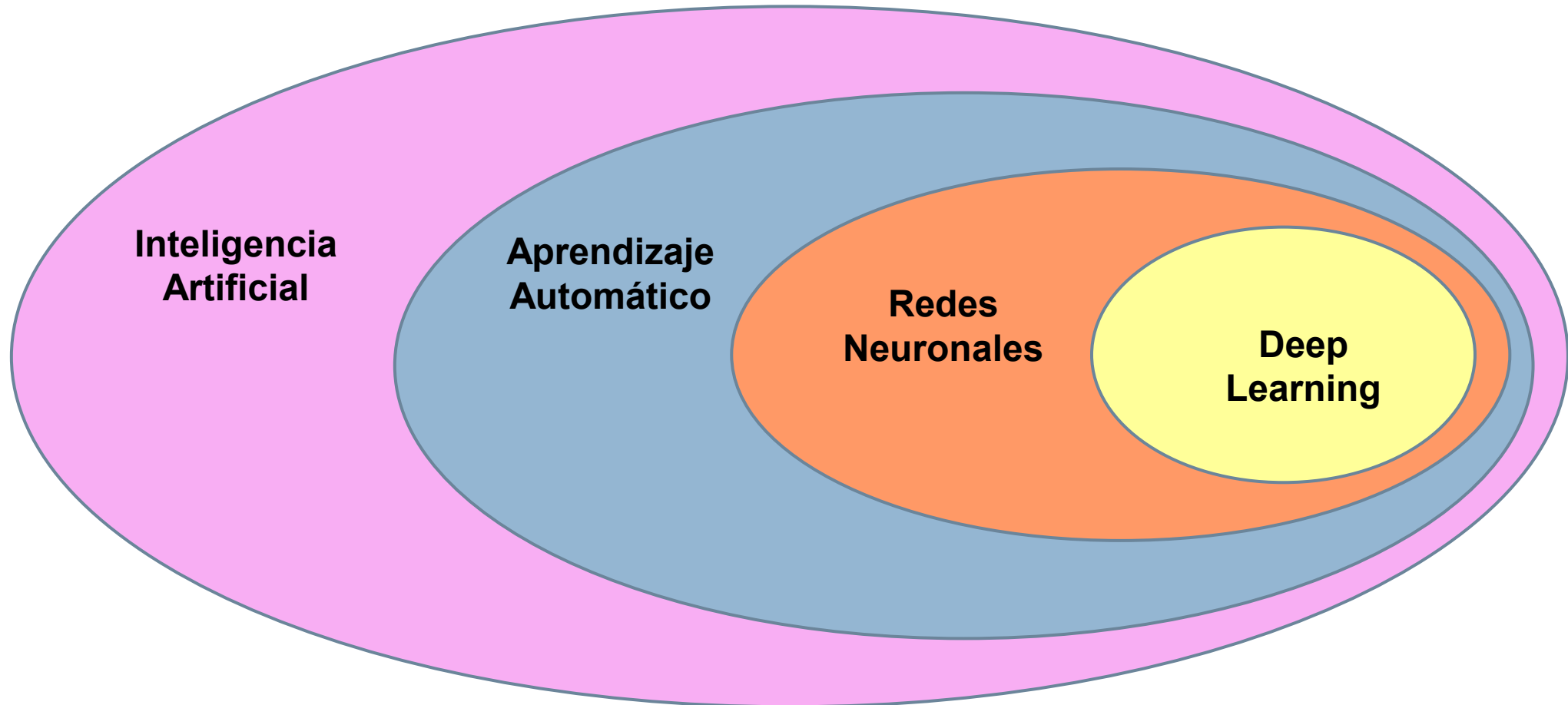
## CLASIFICACION



## REGRESION



# Redes Neuronales y Aprendizaje Profundo





# Tareas que pueden resolverse con RN

## SUPERVISADO

- **Predicción** de un resultado futuro a partir de los datos disponibles.
  - ▣ Predecir el nivel de seguridad de un vehículo dadas sus características.
  - ▣ Determinar si un mail recibido es spam o no.
  - ▣ Dada la historia clínica de un paciente, predecir la probabilidad de contraer cierta enfermedad.

## NO SUPERVISADO

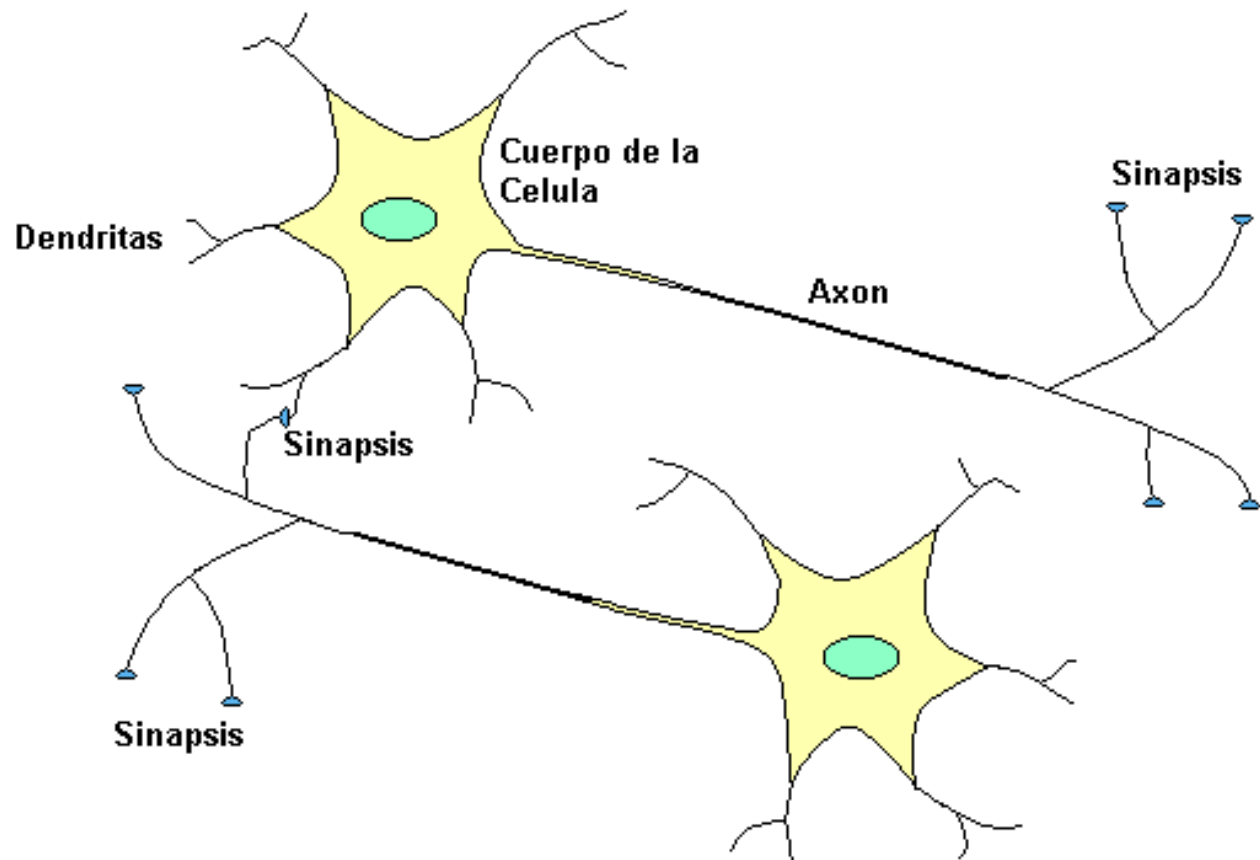
- **Segmentación** de los datos en subgrupos con características similares
  - ▣ Agrupar clientes para determinar perfiles que ayuden a direccionar campañas de marketing.
  - ▣ Caracterizar transacciones comerciales y detectar situaciones anómalas.

# Redes Neuronales

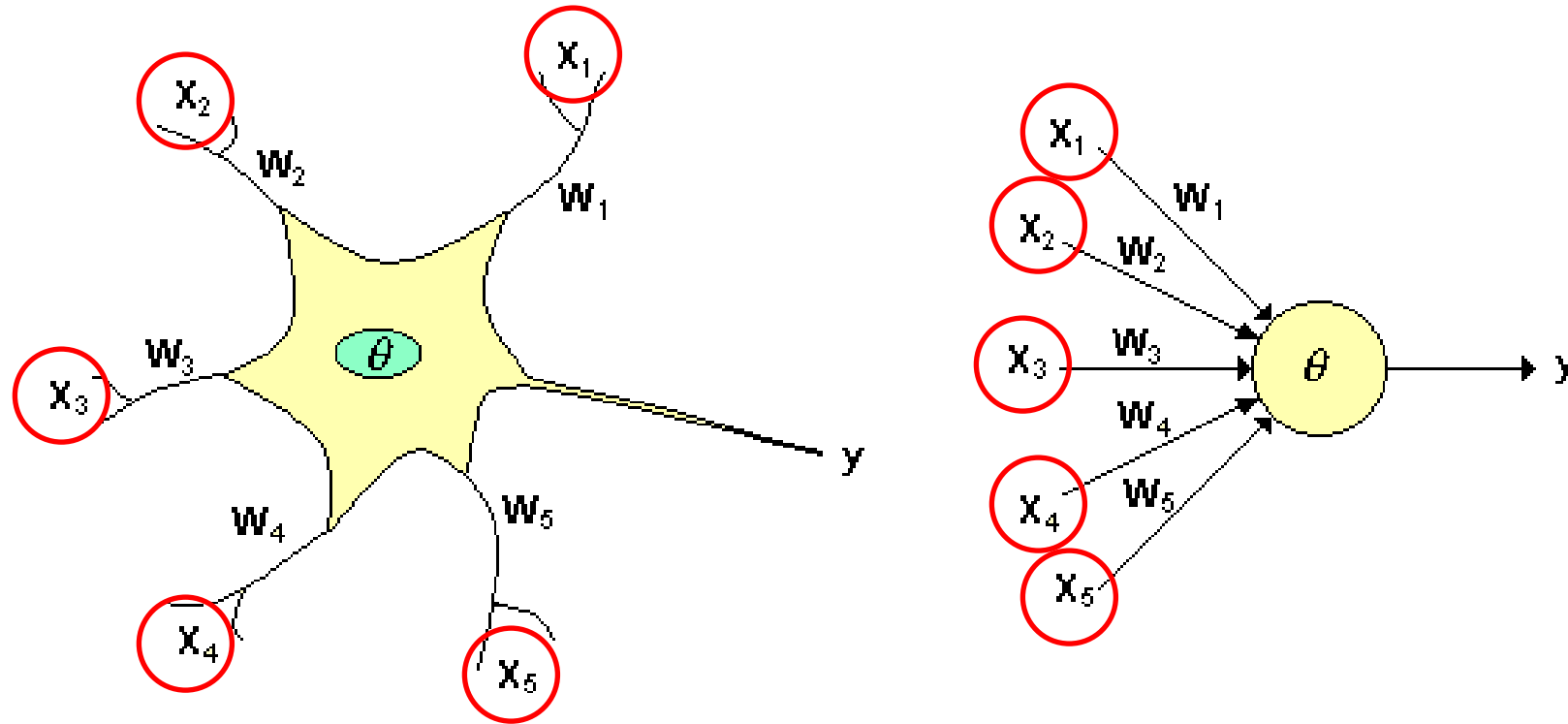
- El cerebro humano
  - ▣ Procesa información imprecisa rápidamente.
  - ▣ Aprende sin instrucciones explícitas.
  - ▣ Crea representaciones internas que permiten estas habilidades.
- Las Redes Neuronales Artificiales o simplemente **Redes Neuronales**, buscan emular el comportamiento del cerebro humano.

# Neurona biológica

- El cerebro consta de un gran número de elementos (aprox.  $10^{11}$ ) altamente interconectados (aprox.  $10^4$  conexiones por elemento), llamados **neuronas**.

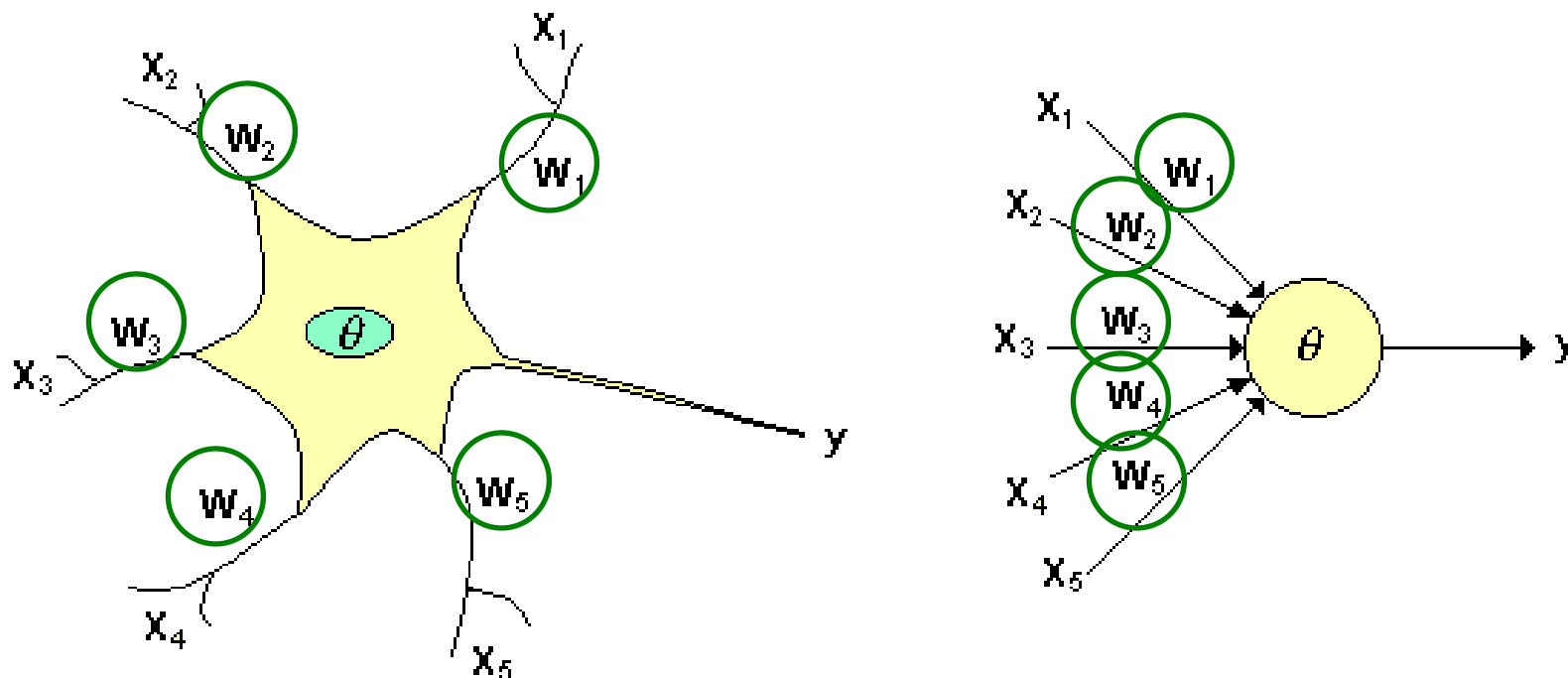


# Similitudes entre una neurona biológica y una artificial



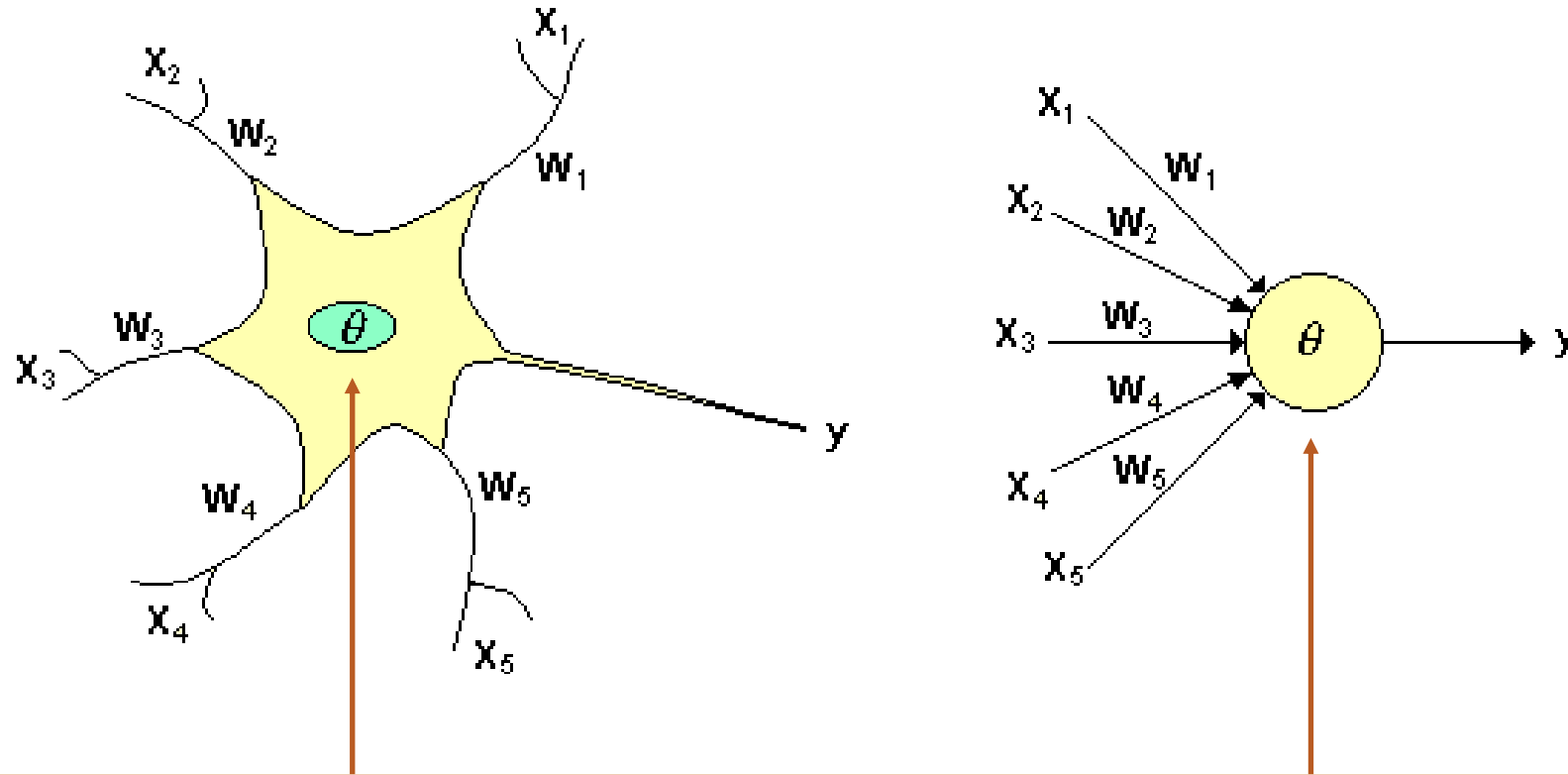
Las entradas  $x_i$  representan las señales que provienen de otras neuronas y que son capturadas por las dendritas

# Similitudes entre una neurona biológica y una artificial



Los pesos  $W_i$  son la intensidad de la sinápsis que conecta dos neuronas; tanto  $x_i$  como  $W_i$  son valores reales.

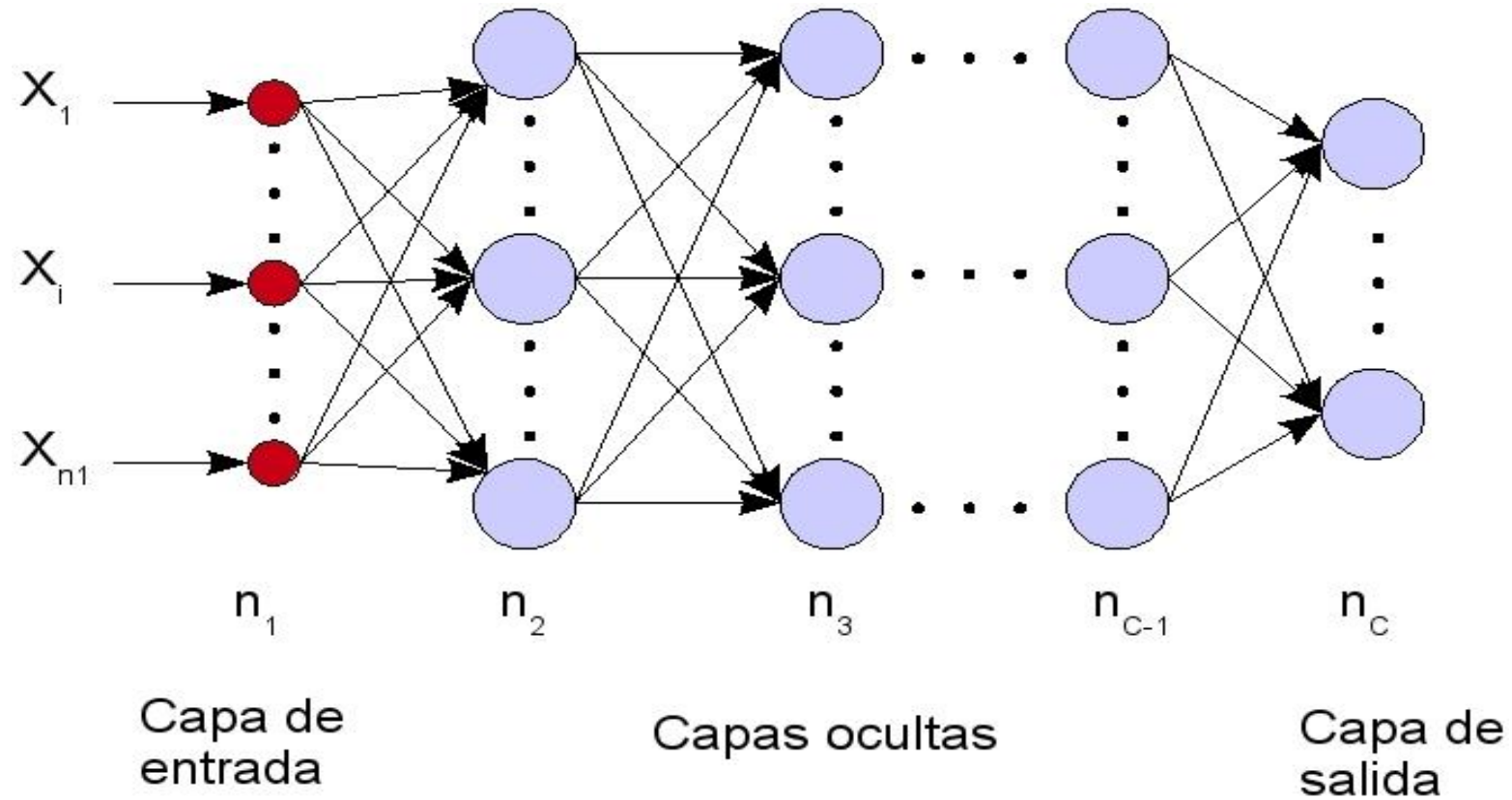
# Similitudes entre una neurona biológica y una artificial



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

# Red Neuronal Artificial

25



# Ejemplo: Clasificación de flores de Iris

- Se dispone de información de 3 tipos de flores Iris



<https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Iris>

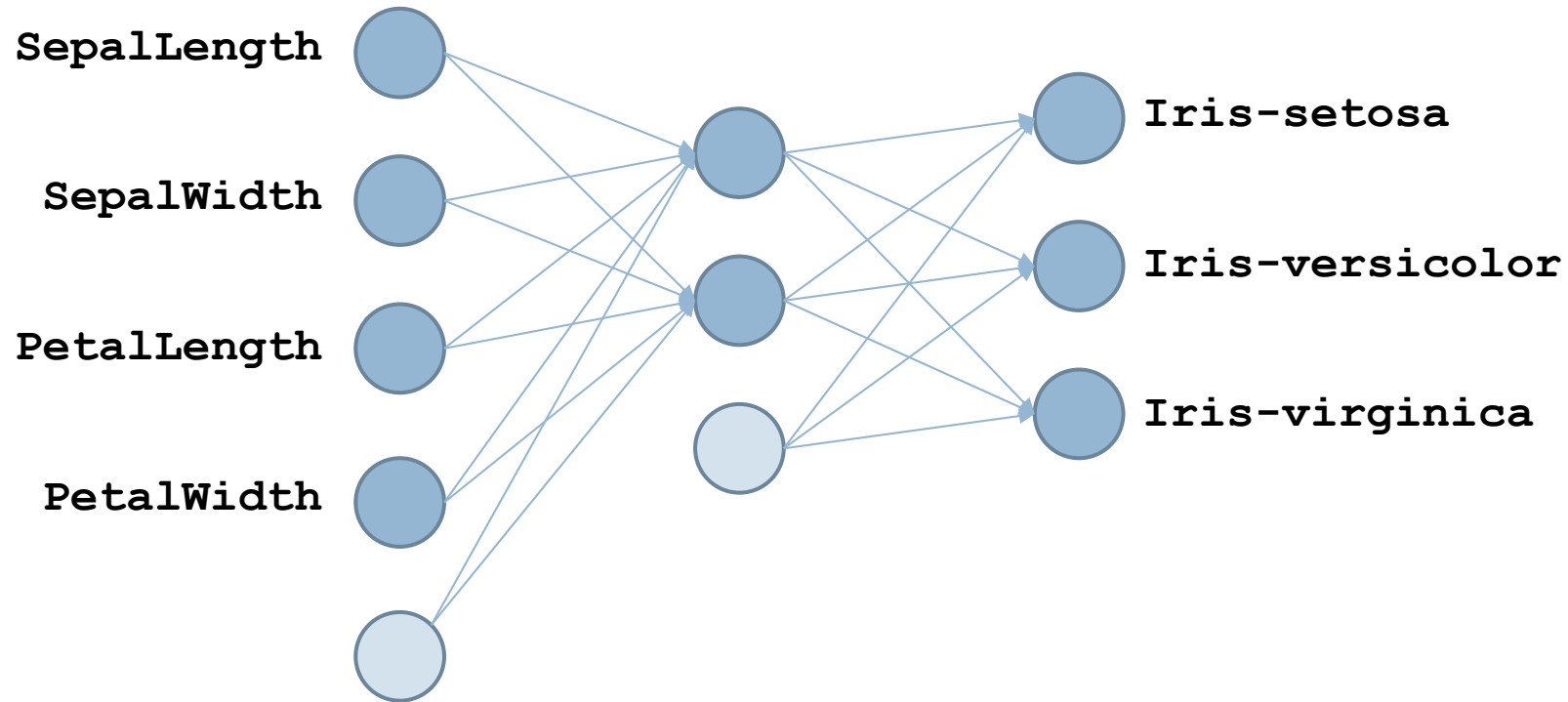


# Ejemplo: Clasificación de flores de Iris

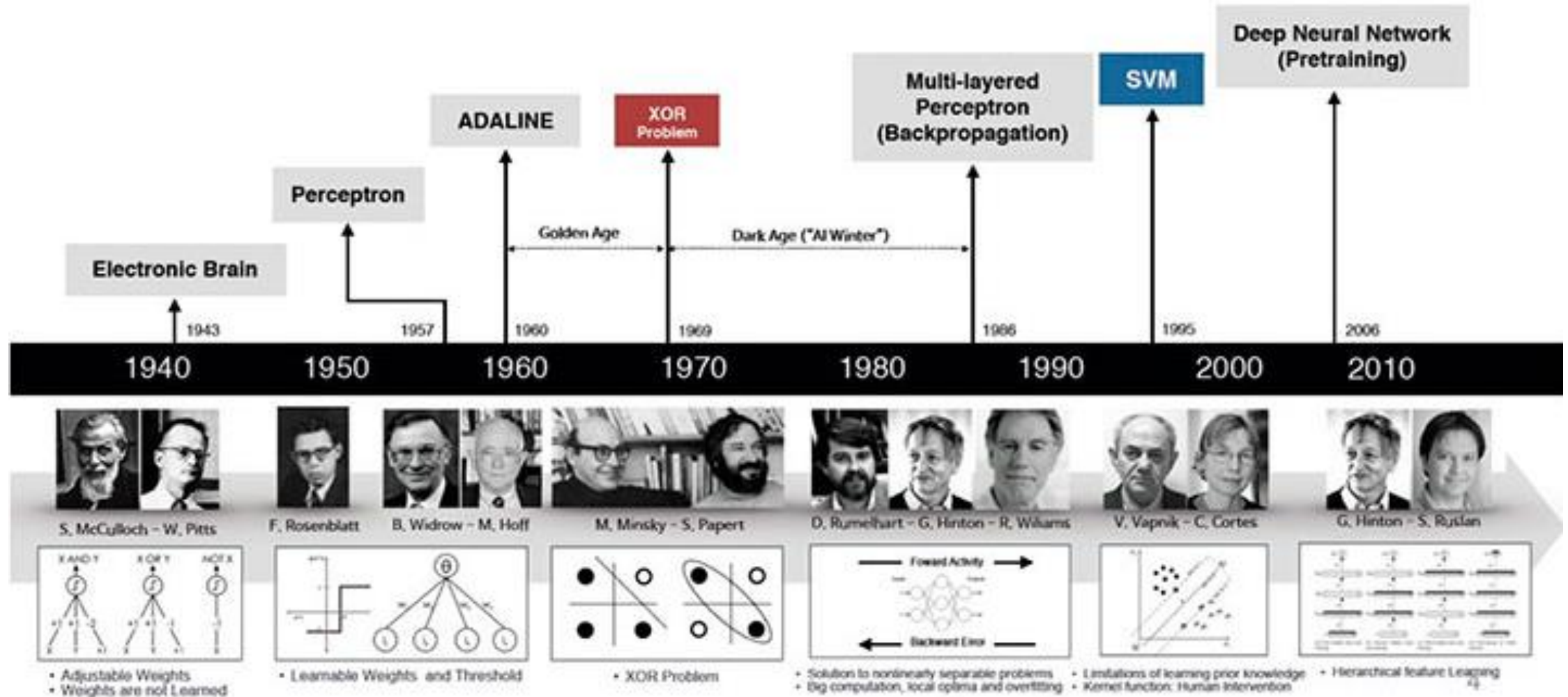
Id	sepalength	sepalwidth	petallength	petalwidth	class
1	5,1	3,5	1,4	0,2	Iris-setosa
2	4,9	3,0	1,4	0,2	Iris-setosa
...	...	...	...	...	...
95	5,6	2,7	4,2	1,3	Iris-versicolor
96	5,7	3,0	4,2	1,2	Iris-versicolor
97	5,7	2,9	4,2	1,3	Iris-versicolor
...	...	...	...	...	...
149	6,2	3,4	5,4	2,3	Iris-virginica
150	5,9	3,0	5,1	1,8	Iris-virginica

<https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Iris>

# Ejemplo: Clasificación de flores de Iris



# Historia de las Redes Neuronales



# Sistemas inteligentes



## Sistema Inteligente de Transporte – SITBus (billete electrónico) + SAO (control operativo) + SIU (información al usuario)



# Análisis de imágenes

- Pinterest incorporó **VisualGraph**



*Detector de personas*



*Detector de bolsos*

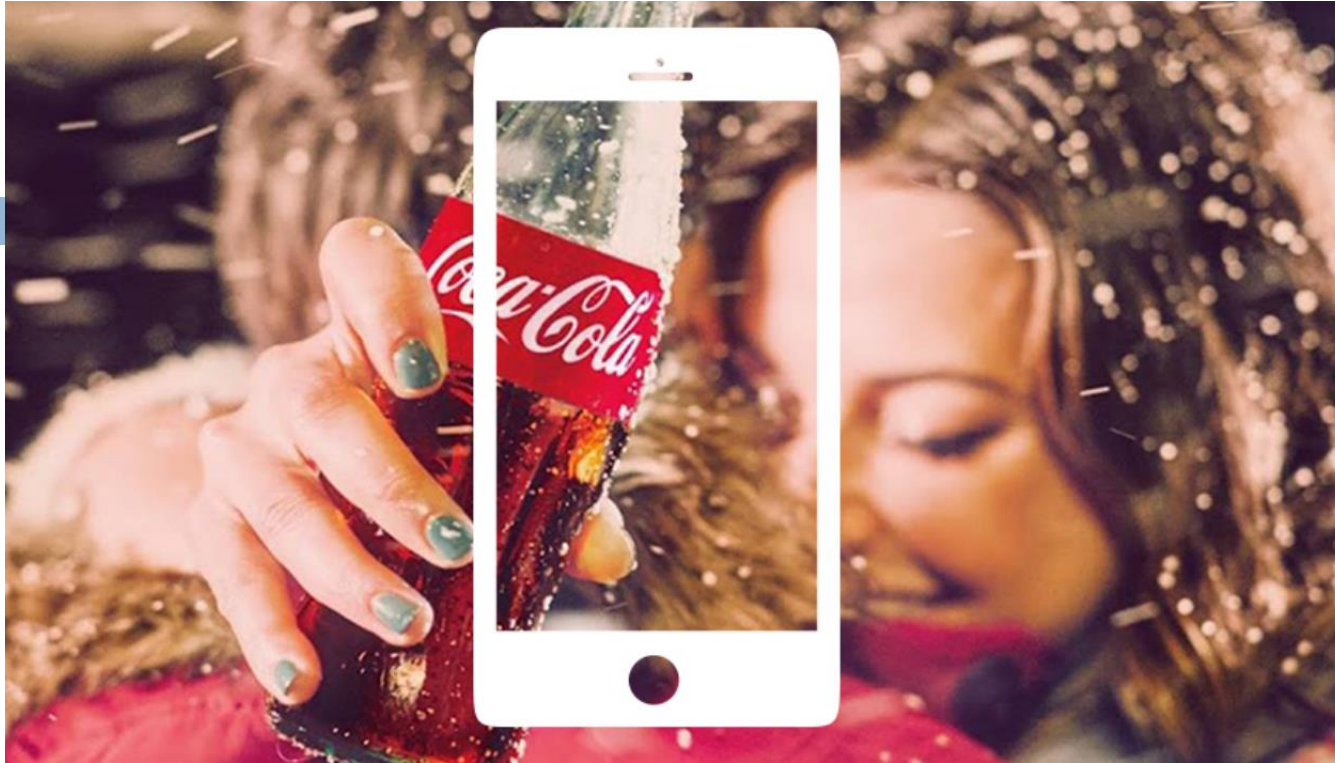


*Detector de faldas*

<https://techcrunch.com>

- Empresa **Vicarious** : Inversores Mark Zuckerberg (Facebook), Elon Musk (cofundador de PayPal) buscan determinar las “relaciones de causa y efecto”.
- 2.300 millones de usuarios activos en Facebook generando muchos datos. (Fuente: Data Never Sleeps 2019)



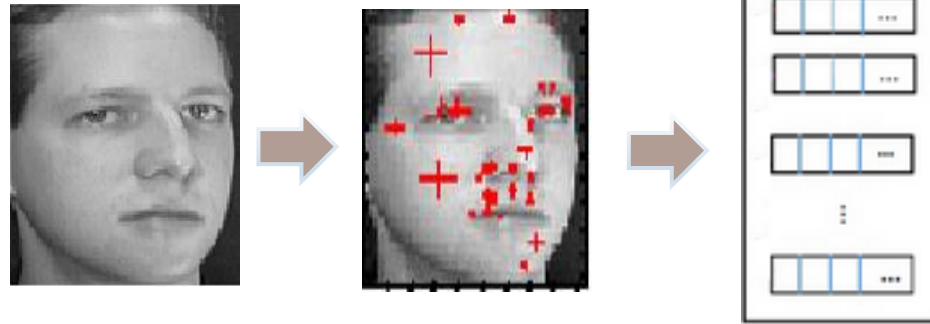


[www.adweek.com](http://www.adweek.com)

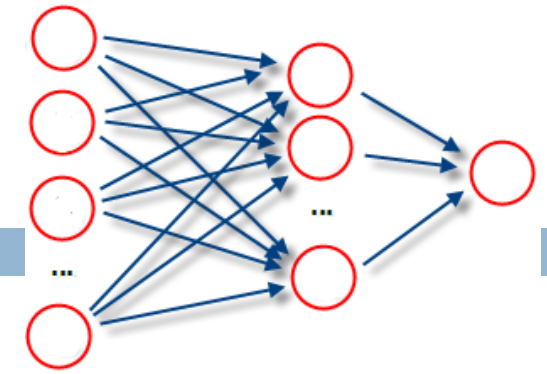
- Seguimiento de sus redes sociales para saber
  - ▣ quién está consumiendo sus bebidas
  - ▣ dónde están sus clientes
  - ▣ qué situaciones los incitan a hablar sobre su marca
- Identifica sus productos en fotografías y determina cuando enviar publicidad
- Ahora buscan usar bots para generar anuncios

# Representación de los datos

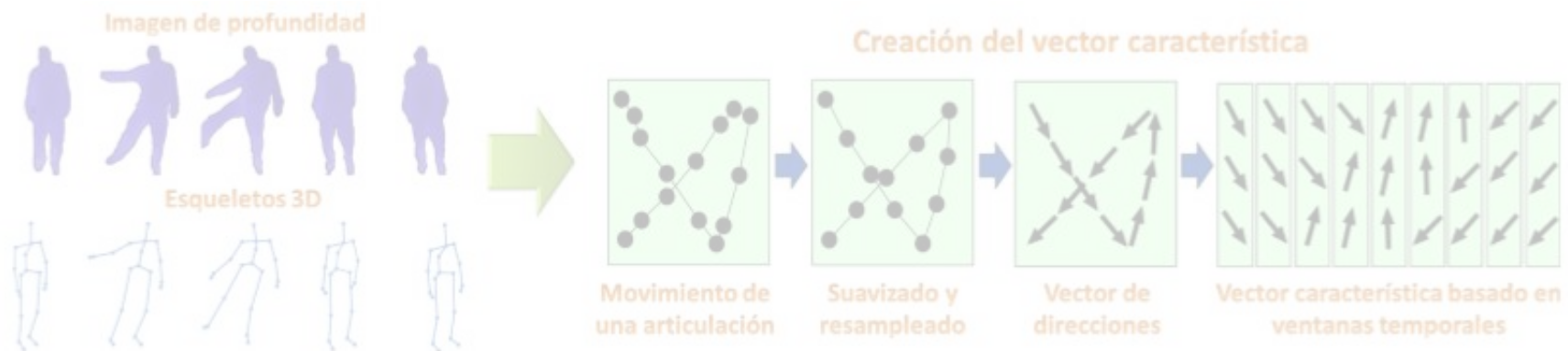
## □ Caracterización de rostros



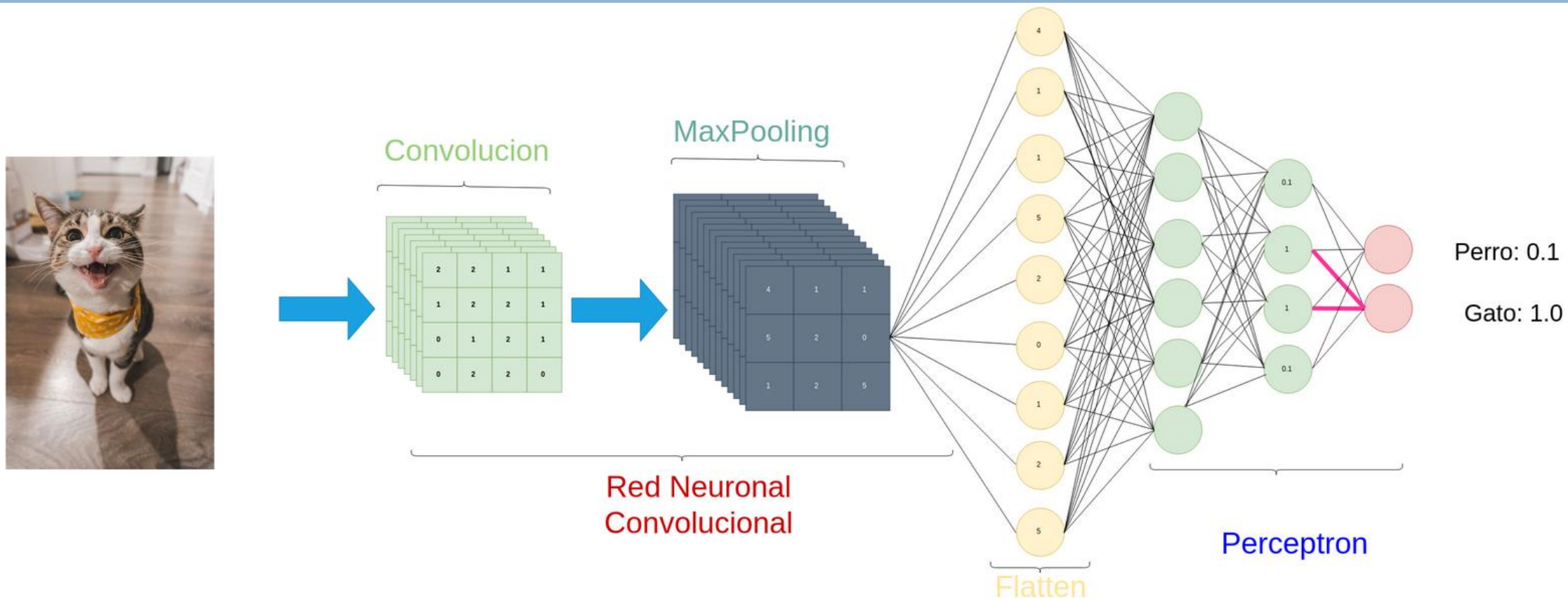
*SIFT features - Lowe (2004)*



## □ Gestos Dinámicos



# Redes Neuronales Convolucionales



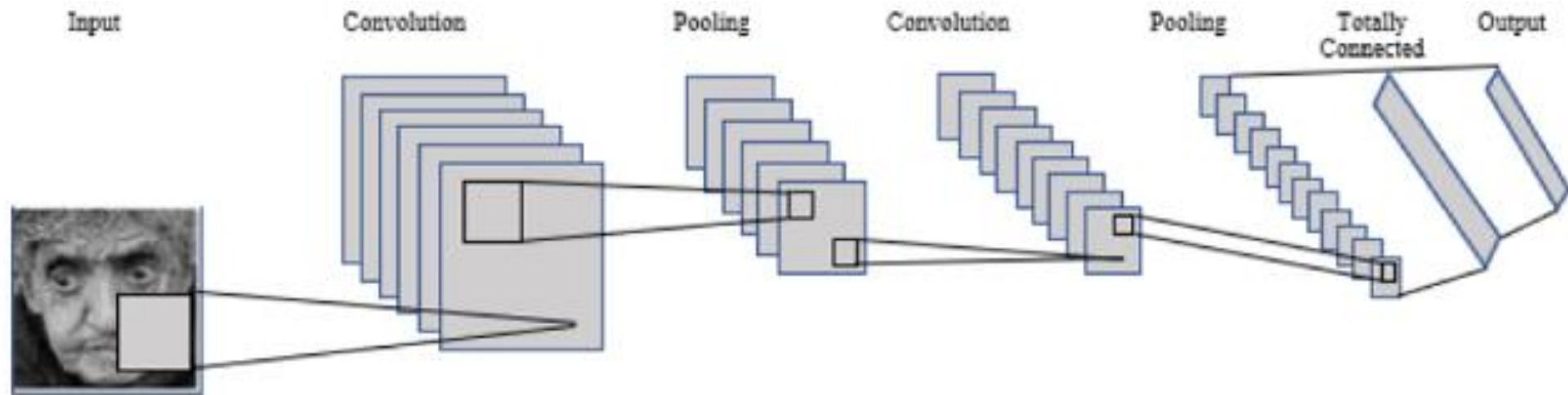


# Reconocimiento de expresiones faciales



- BBDD Facial Expressions in the Wild (+ de 80 mil imágenes.  
Alegría, sorpresa, tristeza, enojo, miedo y disgusto)
- Arquitecturas de CNNs : VGG, Inception o ResNet
- TensorFlow, Keras y PyTorch (Frameworks para Deep Learning)

# Expresiones faciales en pacientes con Alzheimer



Castillo-Salazar D. et al. (2020) **Detection and Classification of Facial Features Through the Use of Convolutional Neural Networks (CNN) in Alzheimer Patients.** In: *Human Systems Engineering and Design II. IHSED 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 1026. Springer.

[https://doi.org/10.1007/978-3-030-27928-8\\_94](https://doi.org/10.1007/978-3-030-27928-8_94)

# Redes Neuronales que generan datos

- 2014 □ **Redes Generativas Adversarias (GAN)** generan nuevos datos en situaciones en que éstos son limitados.



# Redes Neuronales que generan datos

- 2014    □ **Redes Generativas Adversarias (GAN)** generan nuevos datos en situaciones en que éstos son limitados.

<https://dl.acm.org/doi/10.5555/2969033.2969125>

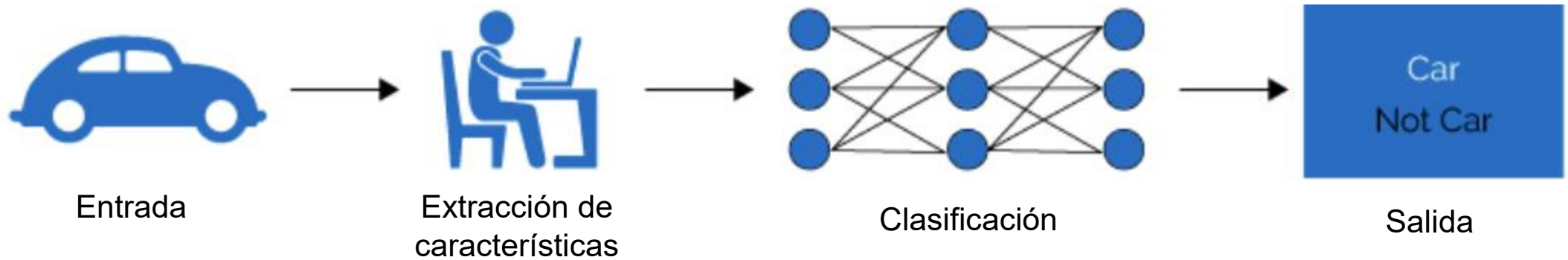
- 2019    □ **Autoencoders Variacionales (VAE)** tienen por objetivo reconstruir los datos de entrada.

- ▣ DeepMind demostró que los VAEs podían superar a las GAN en la generación de caras.

<https://arxiv.org/abs/1906.00446>

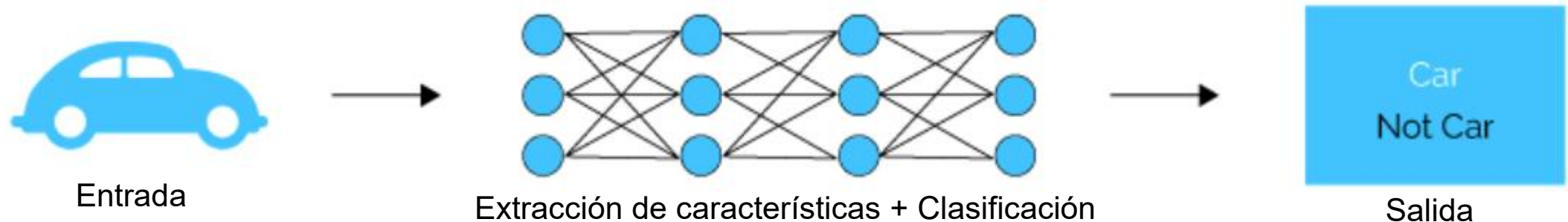
# Contenido del curso

## APRENDIZAJE AUTOMATICO



---

## DEEP LEARNING



# Contenido del curso

## PARTE I

- Perceptrón
- Combinador Lineal (regresión)
- Neurona no lineal (clasificación)
- Multiperceptrón con aprendizaje backpropagation

## PARTE II

- Mejoras al entrenamiento del multiperceptrón.
- Arquitecturas varias
  - ▣ RN convolucionales
  - ▣ Autoencoders
- Adaptación de modelos preentrenados

# Análisis de los datos disponibles

## □ Tipos de Variables

- Cuantitativas y cualitativas

## □ Descripciones estadísticas

- Medidas de tendencia central
- Medidas de dispersión

## □ Gráficos

- Diagrama de barras
- Diagrama de torta
- Histograma
- Diagrama de caja
- Diagrama de dispersión

# Tipos de variables

## □ **Cuantitativas o numéricas**

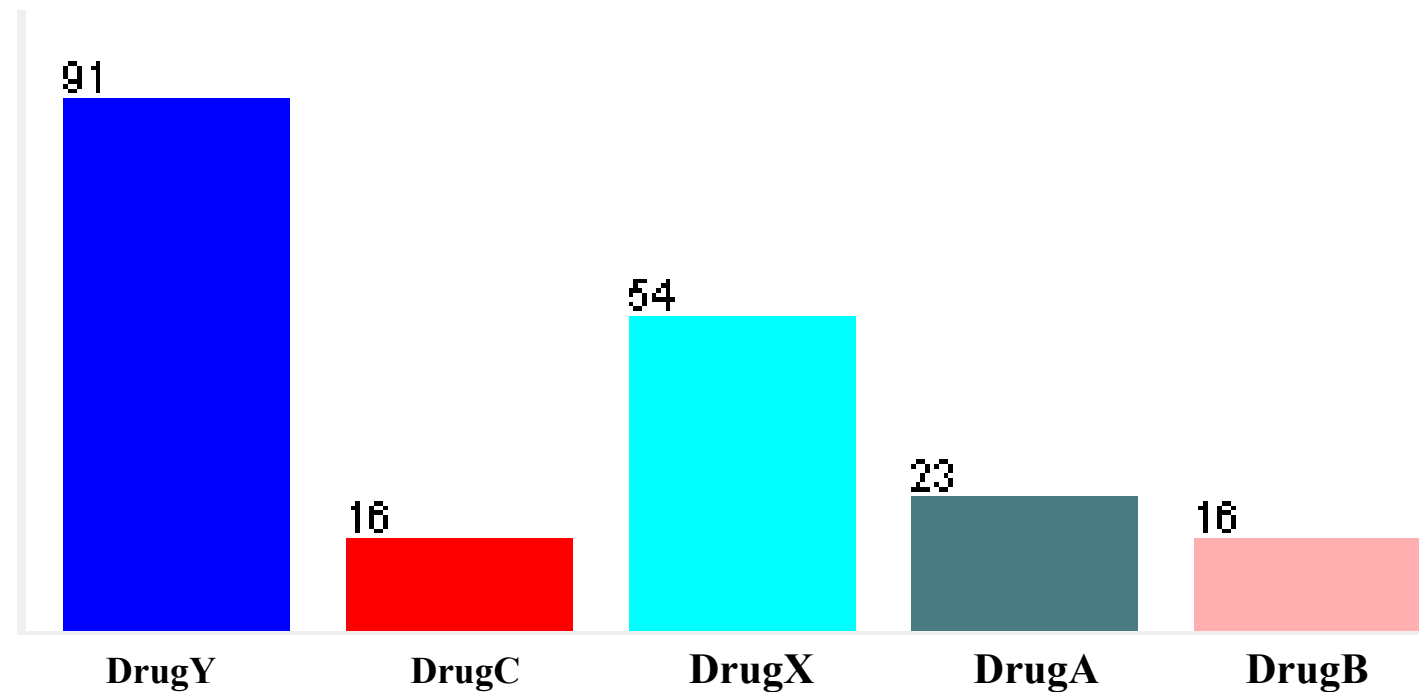
- ▣ DISCRETAS (cant. de empleados, cant. de alumnos, etc)
- ▣ CONTINUAS (sueldo, metros cuadrados, beneficios, etc)

## □ **Cualitativas o categóricas**

- ▣ NOMINALES: nombran al objeto al que se refieren sin poder establecer un orden (estado civil, raza, idioma, etc.)
- ▣ ORDINALES: se puede establecer un orden entre sus valores (alto, medio, bajo, etc)



- Se busca predecir si el tipo de fármaco que se debe administrar a un paciente afectado de rinitis alérgica es el habitual o no.



- Se dispone de información de pacientes afectados de rinitis alérgica:
  - ▣ Age: Edad
  - ▣ Sex: Sexo
  - ▣ BP (Blood Pressure): Tensión sanguínea.
  - ▣ Cholesterol: nivel de colesterol.
  - ▣ Na: Nivel de sodio en la sangre.
  - ▣ K: Nivel de potasio en la sangre.
  - ▣ Cada paciente ha sido medicado con un único fármaco de entre cinco posibles: DrugA, DrugB, DrugC, DrugX, DrugY.

# Ejemplo

## DRUG5.CSV

- Drug5.csv contiene 200 muestras de pacientes atendidos previamente

Nro.	Age	Sex	BP	Colesterol	Na	K	Drug
1	23	F	HIGH	HIGH	0,792535	0,031258	drugY
2	47	M	LOW	HIGH	0,739309	0,056468	drugC
3	47	M	LOW	HIGH	0,697269	0,068944	drugC
4	28	F	NORMAL	HIGH	0,563682	0,072289	drugX
5	61	F	LOW	HIGH	0,559294	0,030998	drugY
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...
197	16	M	LOW	HIGH	0,743021	0,061886	drugC
198	52	M	NORMAL	HIGH	0,549945	0,055581	drugX
199	23	M	NORMAL	NORMAL	0,78452	0,055959	drugX
200	40	F	LOW	NORMAL	0,683503	0,060226	drugX

# Ejemplo

*Analisis\_Drug5.ipynb*

- Drug5.csv contiene 200 muestras de pacientes atendidos previamente

Nro.	Age	Sex	BP	Colesterol	Na	K	Drug
1	23	F	HIGH	HIGH	0,792535	0,031258	drugY
2	47	M	LOW	HIGH	0,739309	0,056468	drugC
3	47	M	LOW	HIGH	0,697269	0,068944	drugC
4	28	F	NORMAL	HIGH	0,563682	0,072289	drugX
5	61	F	LOW	HIGH	0,559294	0,030998	drugY
...	...	...	...	...	...	...	...

- ¿Cuántos atributos tiene la tabla?
- ¿De qué tipo es cada uno de ellos?

# Análisis de los datos disponibles

## □ Tipos de Variables

- ▣ Cuantitativas y cualitativas

## □ Descripciones estadísticas

- ▣ Medidas de tendencia central
- ▣ Medidas de dispersión

## □ Gráficos

- ▣ Diagrama de barras
- ▣ Diagrama de torta
- ▣ Histograma
- ▣ Diagrama de caja
- ▣ Diagrama de dispersión

# Descripciones estadísticas básicas

- Identifican propiedades de los datos y destacan qué valores deben tratarse como ruido o valores atípicos

## MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL

- Media
- Mediana
- Moda
- Rango medio

## MEDIDAS DE DISPERSION

- Varianza
- Desviación estándar
- Rango
- Cuartiles
- Rango Intercuartil

# Descripciones estadísticas básicas

- Identifican propiedades de los datos y destacan qué valores deben tratarse como ruido o valores atípicos

## MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL

- Media
- Mediana
- Moda
- Rango medio

## MEDIDAS DE DISPERSION

- Varianza
- Desviación estándar
- Rango
- Cuartiles
- Rango Intercuartil

# Análisis de los datos disponibles

## □ Tipos de Variables

- ▣ Cuantitativas y cualitativas

## □ Descripciones estadísticas

- ▣ Medidas de tendencia central
- ▣ Medidas de dispersión

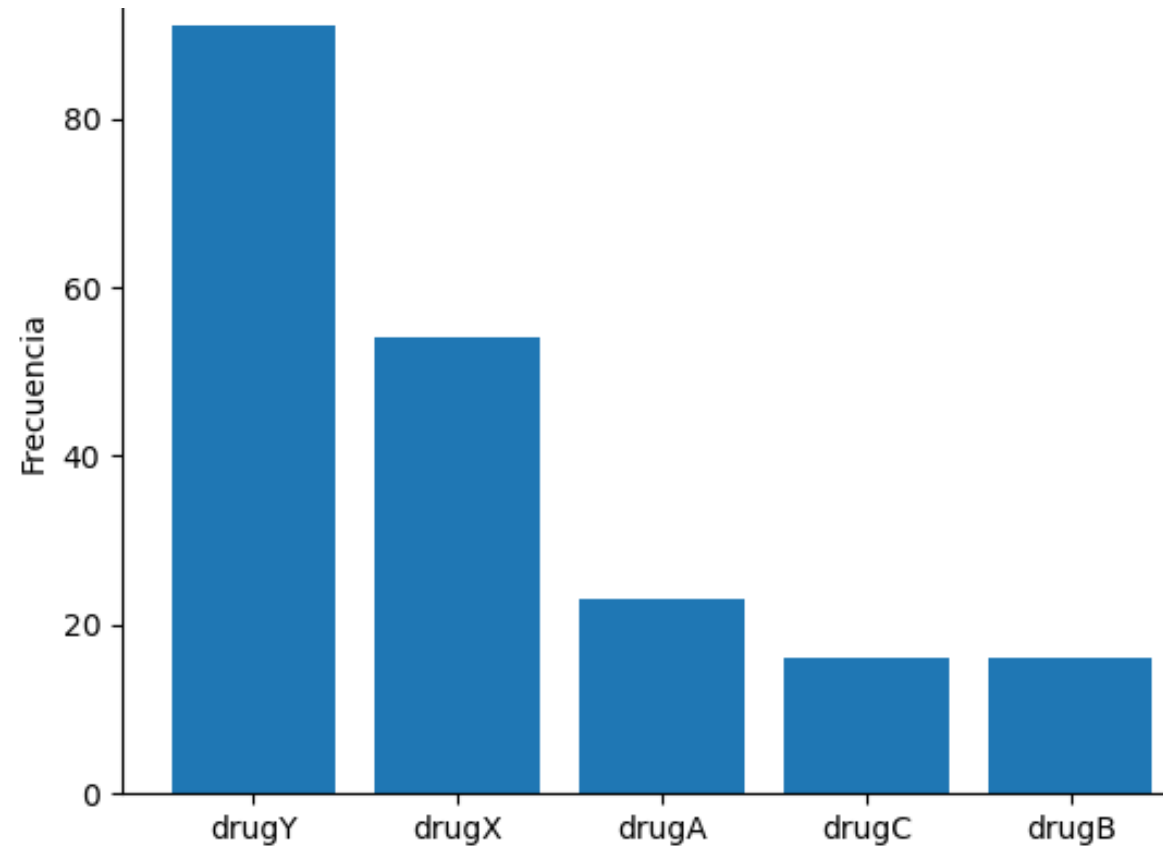
## □ Gráficos

- ▣ Diagrama de barras
- ▣ Diagrama de torta
- ▣ Histograma
- ▣ Diagrama de caja
- ▣ Diagrama de dispersión

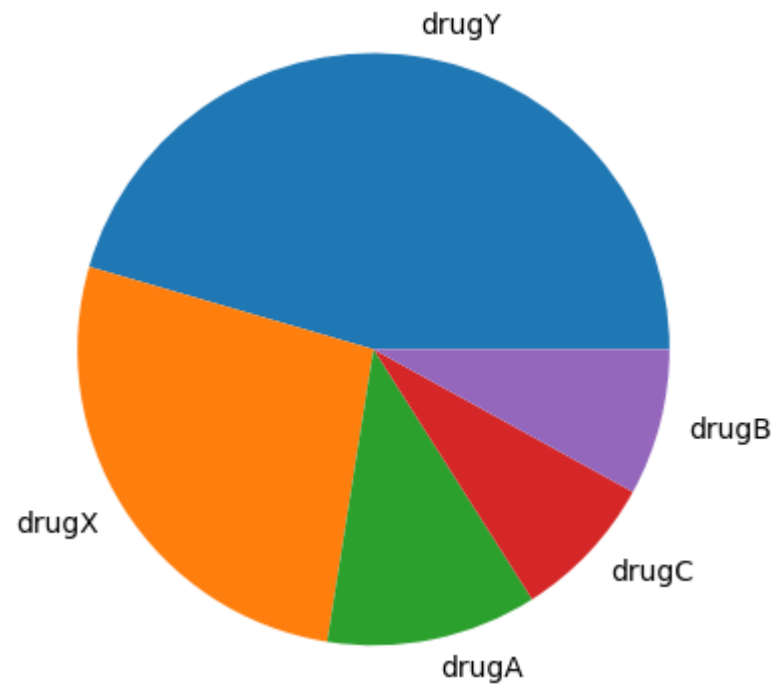
***Analisis\_Drug5.ipynb***



# Atributo Drug - Diagrama de barras

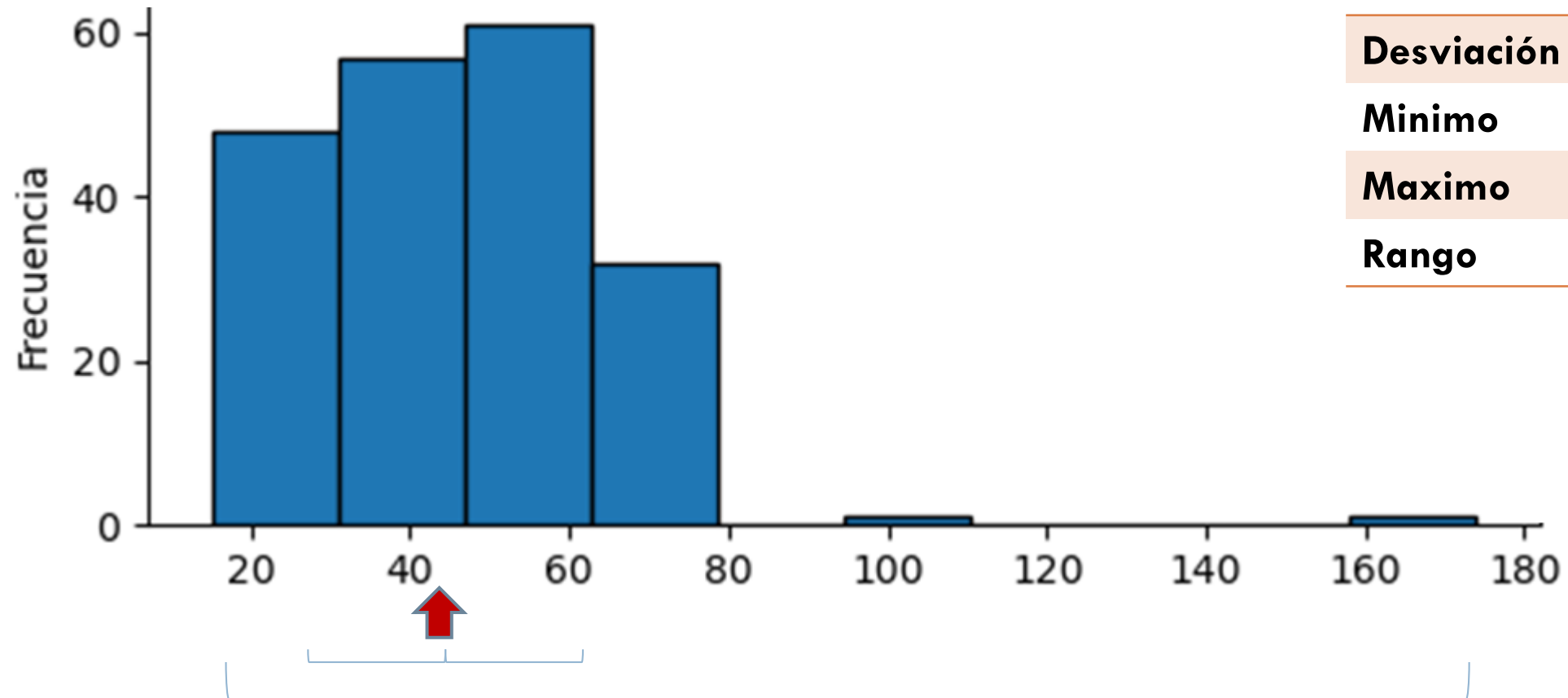


# Atributo Drug - Gráfico de Torta



# Atributo AGE – Histograma

(Atributo AGE del archivo Drug5\_atipicos.CSV)



<b>Media</b>	<b>44.965</b>
--------------	---------------

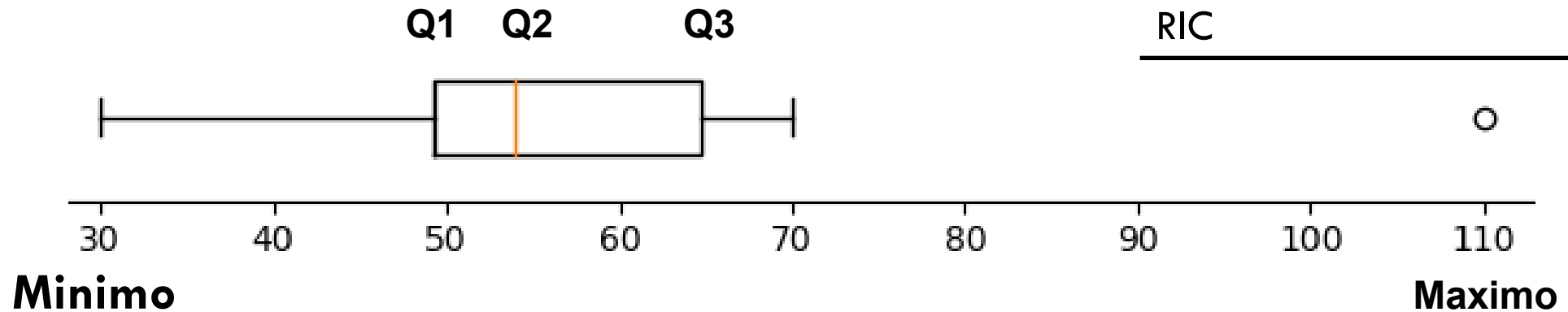
<b>Desviación</b>	<b>19.145</b>
-------------------	---------------

<b>Minimo</b>	<b>15</b>
---------------	-----------

<b>Maximo</b>	<b>174</b>
---------------	------------

<b>Rango</b>	<b>159</b>
--------------	------------

# Diagrama de caja - Ejemplo



- Se consideran **valores atípicos leves** a los que se encuentran a  $1.5 \times \text{RIC}$  más allá de los límites de la caja y **atípicos extremos** a los que están más allá de  $3 \times \text{RIC}$ .

*Determine si hay valores atípicos y si son leves o extremos*

# Cuartiles y RIC del atributo AGE

(Atributo AGE del archivo Drug5\_atipicos.CSV)

- Luego de ordenar los valores del atributo AGE deben identificarse los valores que los dividen en cuatro partes iguales.

$$Q_1 = 31$$



$$Q_2 = 45$$



$$Q_3 = 58$$



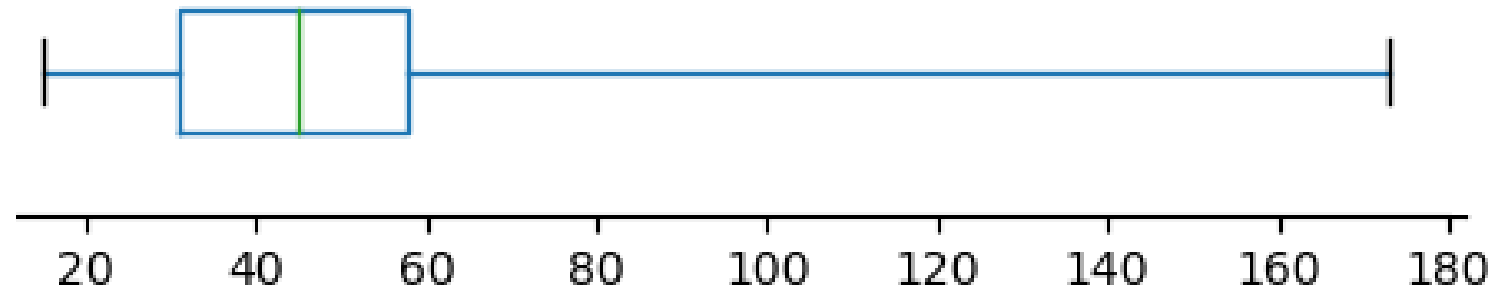
<b>15</b>	...	<b>31</b>	<b>31</b>	...	<b>43</b>	<b>45</b>	<b>45</b>	<b>45</b>	...	<b>58</b>	<b>58</b>	...	<b>174</b>
1	...	50	51	...	99	100	101	102	...	150	151	...	200

$$RIC = Q_3 - Q_1 = 58 - 31 = 27$$

# Diagrama de caja (en construcción)

## □ Atributo AGE (archivo Drug5\_atipicos.csv)

Minimo	15
Q1	31
Q2	45
Q3	58
Maximo	174



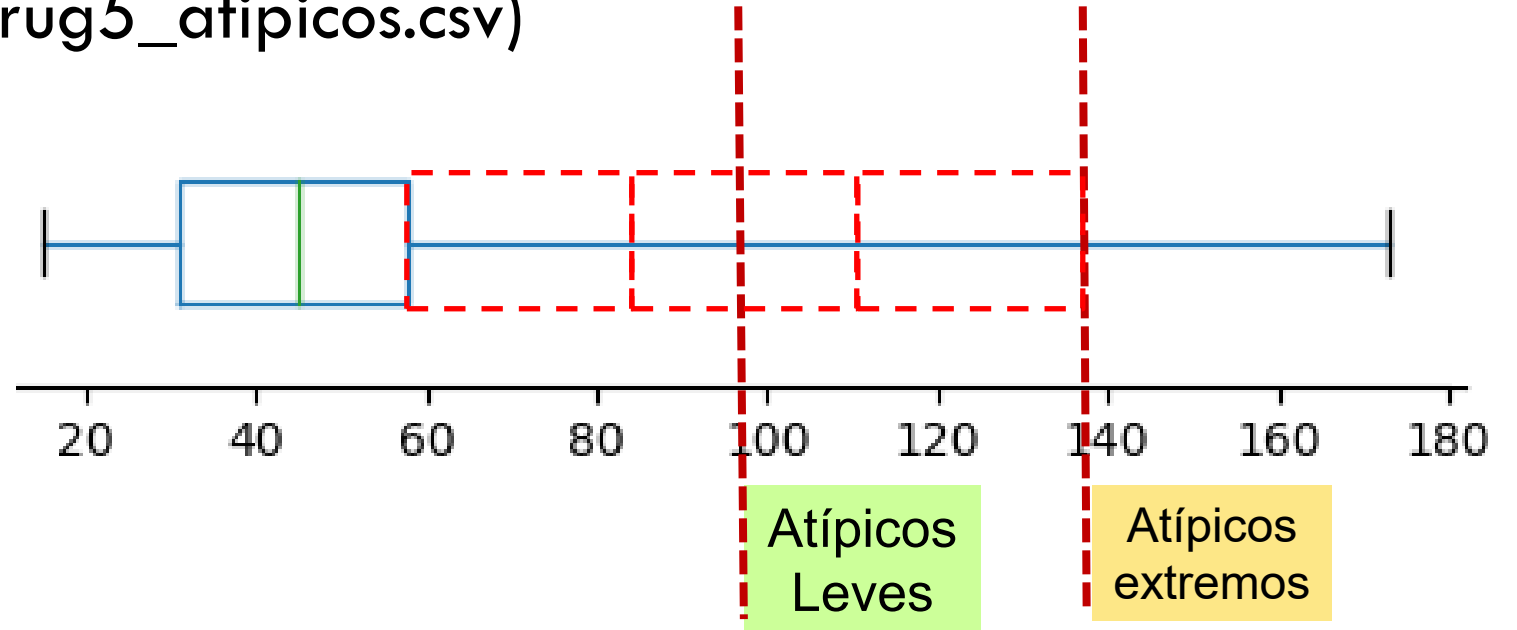
RIC	$Q3 - Q1 = 58 - 31 = 27$
Lim.Inf	$Q1 - 1.5 * RIC = 31 - 1.5 * 27 = -9.5$
Lim.Sup	$Q3 + 1.5 * RIC = 58 + 1.5 * 27 = 98.5$

Hay valores  
atípicos?

# Diagrama de caja (en construcción)

## □ Atributo AGE (archivo Drug5\_atipicos.csv)

Minimo	15
Q1	31
Q2	45
Q3	58
Maximo	174

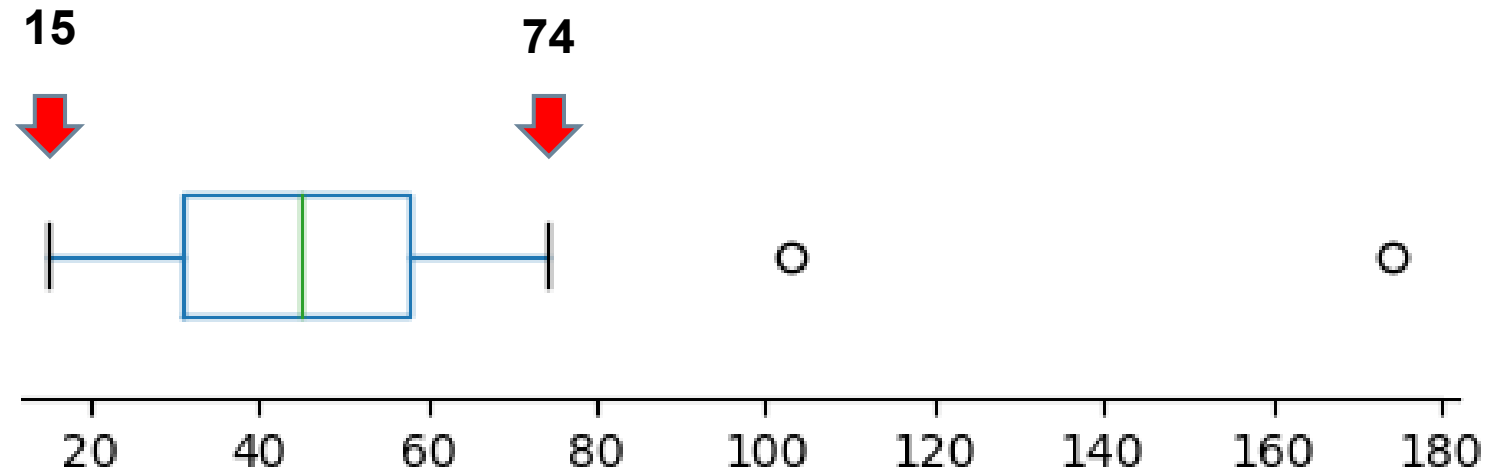


RIC	$Q3 - Q1 = 58 - 31 = 27$
Lim.Inf	$Q1 - 1.5 * RIC = 31 - 1.5 * 27 = -9.5$
Lim.Sup	$Q3 + 1.5 * RIC = 58 + 1.5 * 27 = 98.5$

# Diagrama de caja

## □ Atributo AGE

Minimo	15
Q1	31
Q2	45
Q3	58
Maximo	174



RIC	$Q3 - Q1 = 27$
Lim.Inf	$Q1 - 1.5 * RIC = -9.5$
Lim.Sup	$Q3 + 1.5 * RIC = 98.5$

Los bigotes indican el rango de los valores de la muestra comprendidos en el intervalo

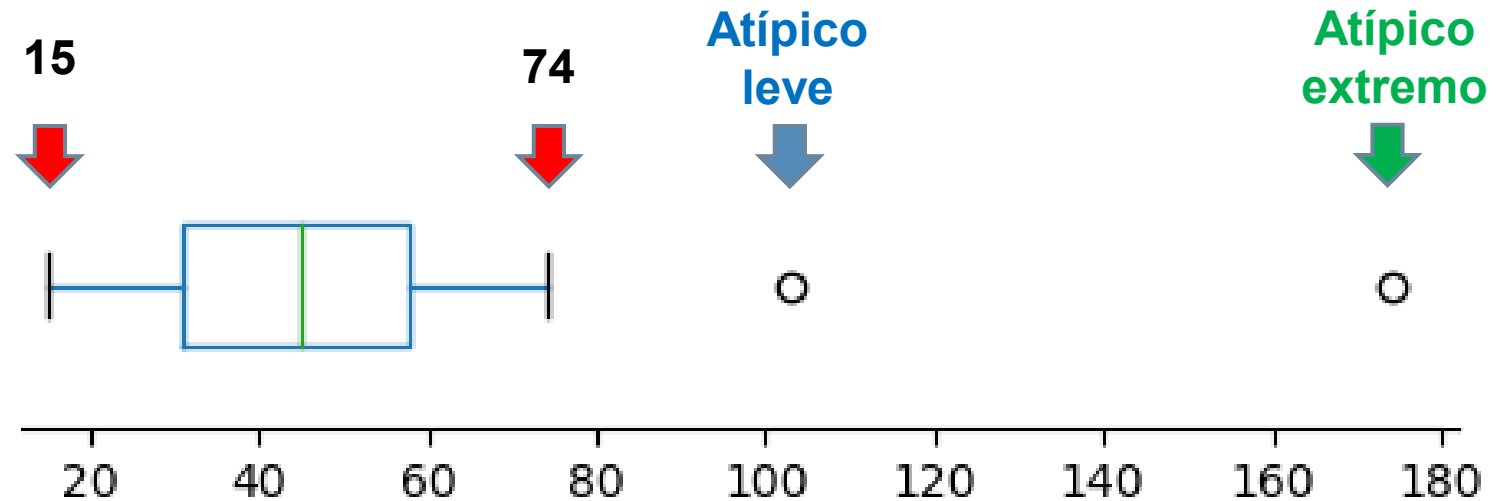
$$[Q1 - 1.5 * RIC ; Q3 + 1.5 * RIC] = [-9.5, 98.5]$$



# Diagrama de caja

## □ Atributo AGE

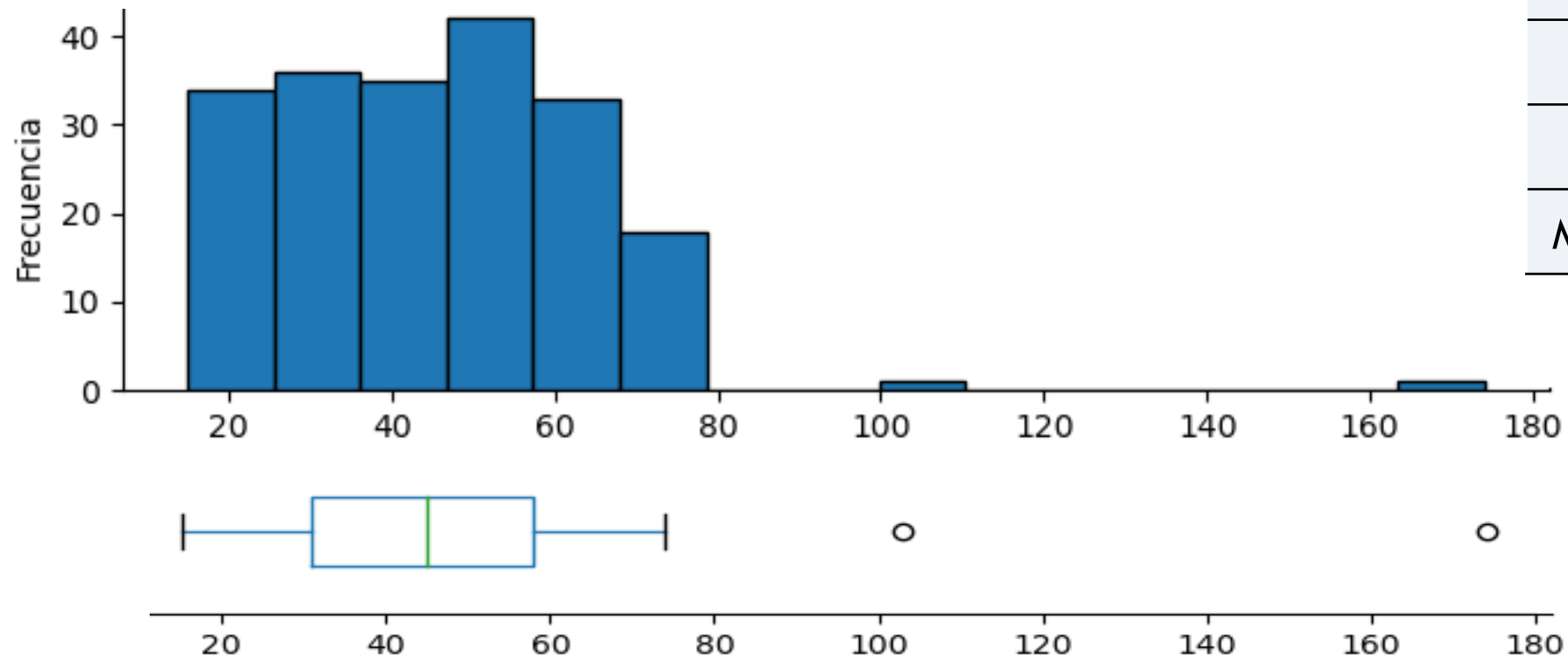
Minimo	15
Bigote Inferior	15
Q1	31
Q2	45
Q3	58
Bigote Superior	74
Maximo	174



- Los valores de AGE que pertenezcan a  $[-50; -9.5)$  o  $(98.5; 139]$  se considerarán **atípicos leves**.
- Los valores del atributo AGE inferiores a -50 o superiores a 139 se considerarán **atípicos extremos**.

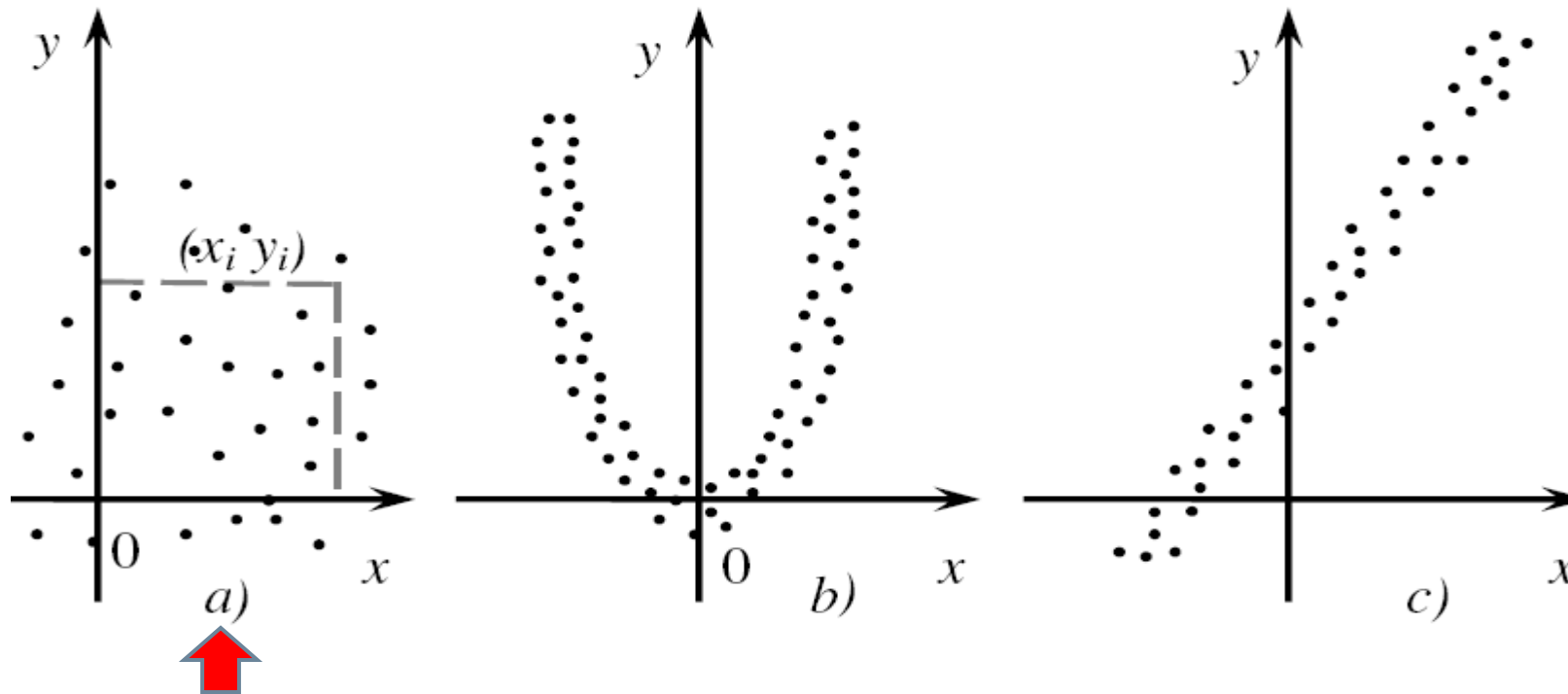
# Histograma y diagrama de caja

(Atributo AGE archivo Drug5\_atipicos.CSV)



# Diagrama de Dispersión

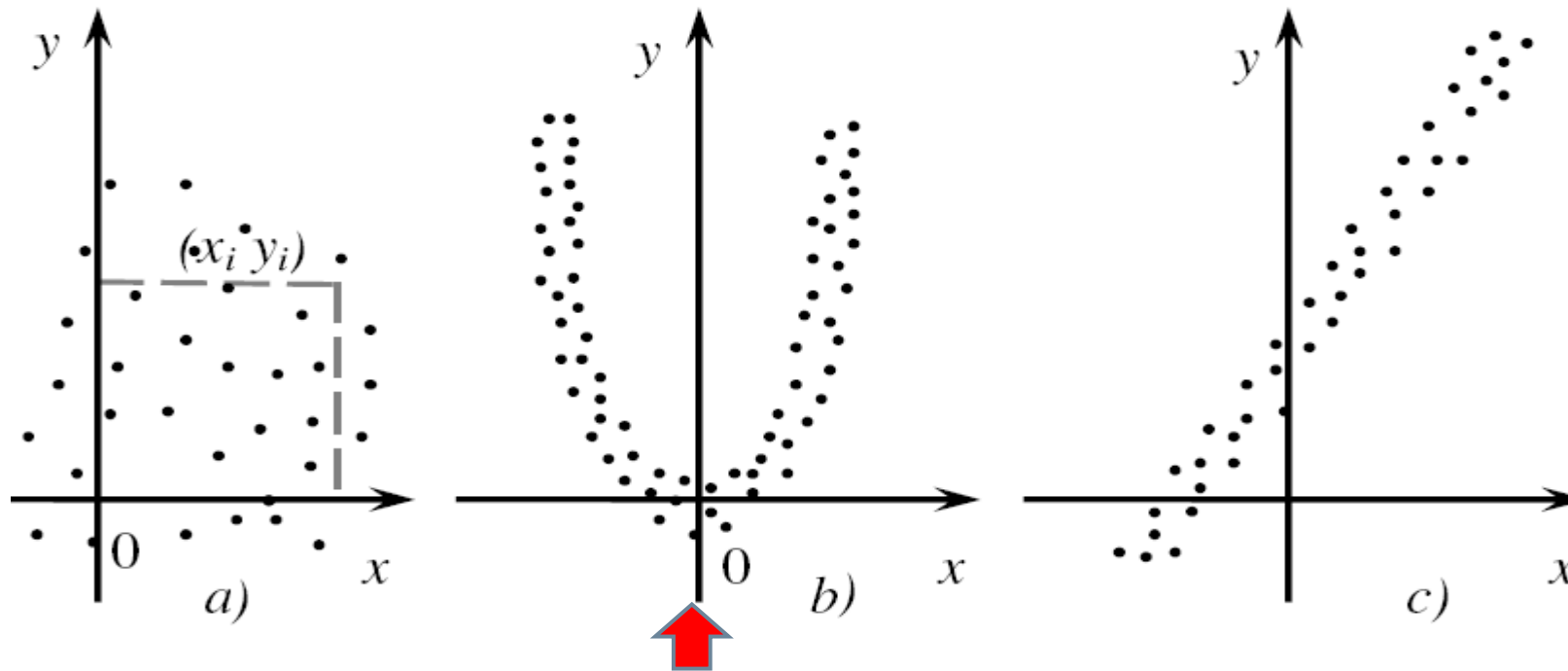
- Consiste en dibujar pares de valores  $(x_i, y_i)$  medidos de la v.a.  $(X,Y)$  en un sistema de coordenadas



Entre X e Y no hay ninguna relación funcional

# Diagrama de Dispersión

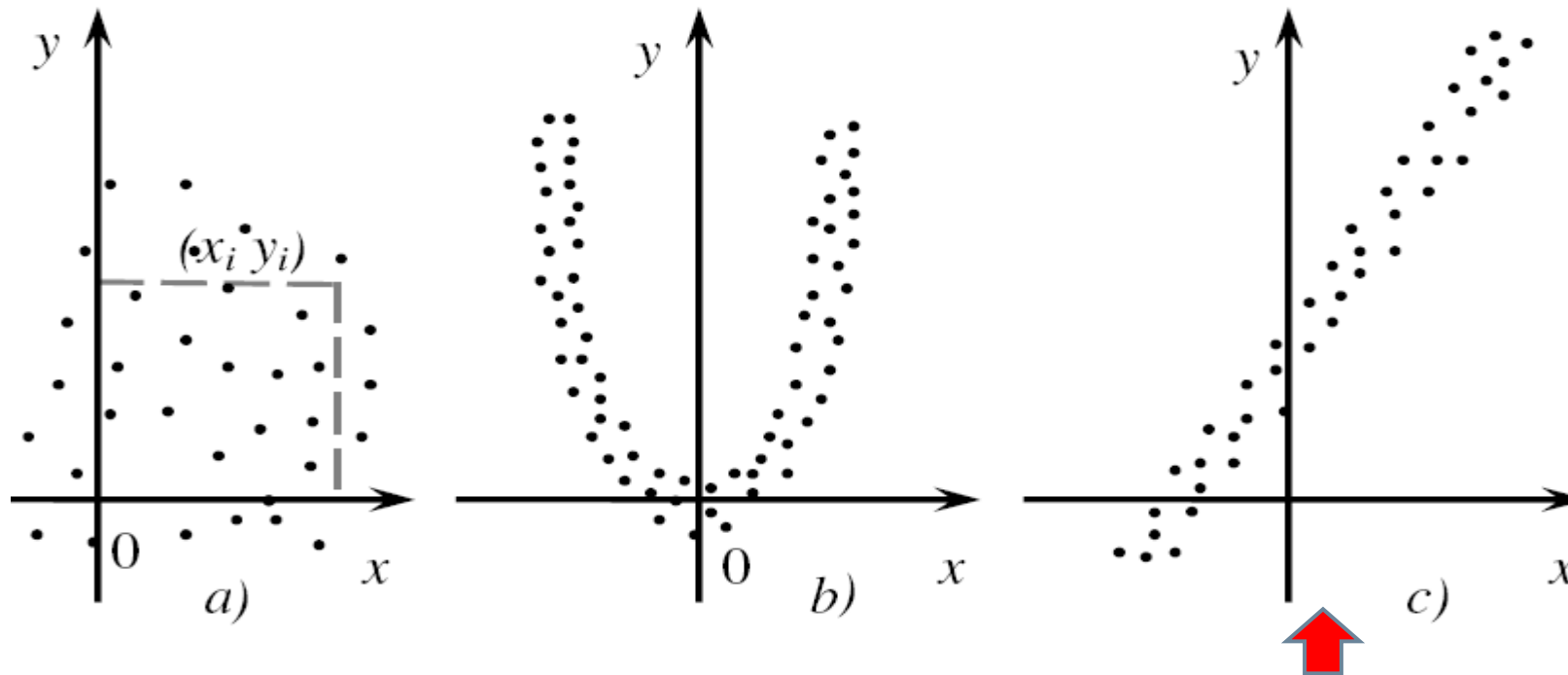
- Consiste en dibujar pares de valores  $(x_i, y_i)$  medidos de la v.a.  $(X,Y)$  en un sistema de coordenadas



Entre X e Y podría existir un relación funcional que corresponde a una parábola

# Diagrama de Dispersión

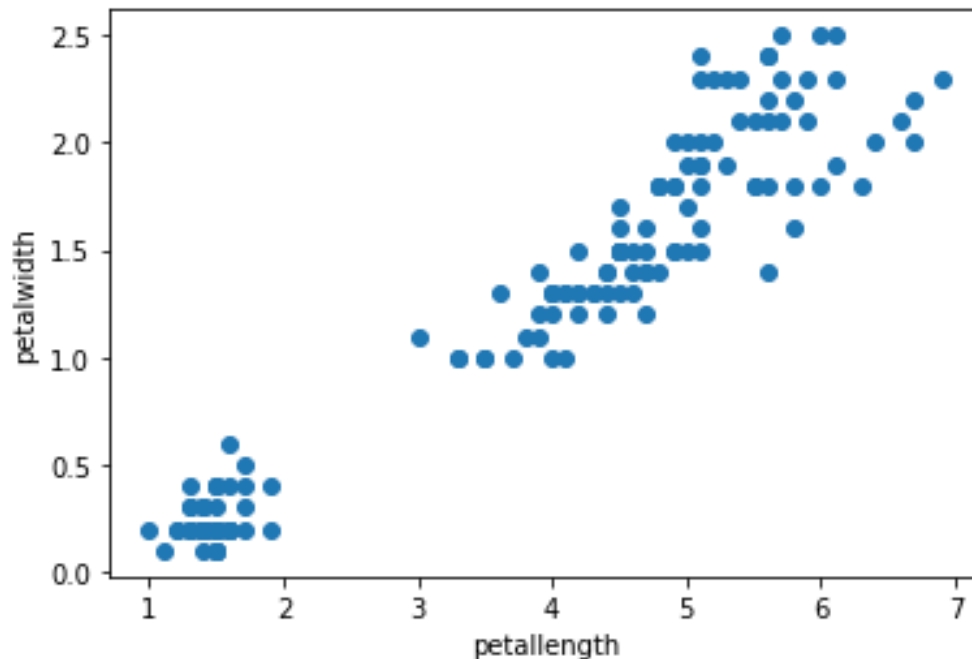
- Consiste en dibujar pares de valores  $(x_i, y_i)$  medidos de la v.a.  $(X, Y)$  en un sistema de coordenadas



Entre X e Y existe una **relación lineal**. Este es el tipo de relación que nos interesa

# Relación entre atributos numéricos

- Al momento de construir un modelo resulta de interés saber si dos atributos numéricos se encuentran linealmente relacionados o no. Para ello se usa el **coeficiente de correlación lineal**.



*Diagrama de dispersión entre la longitud y el ancho del pétalo de una flor.*

# Coeficiente de correlación lineal

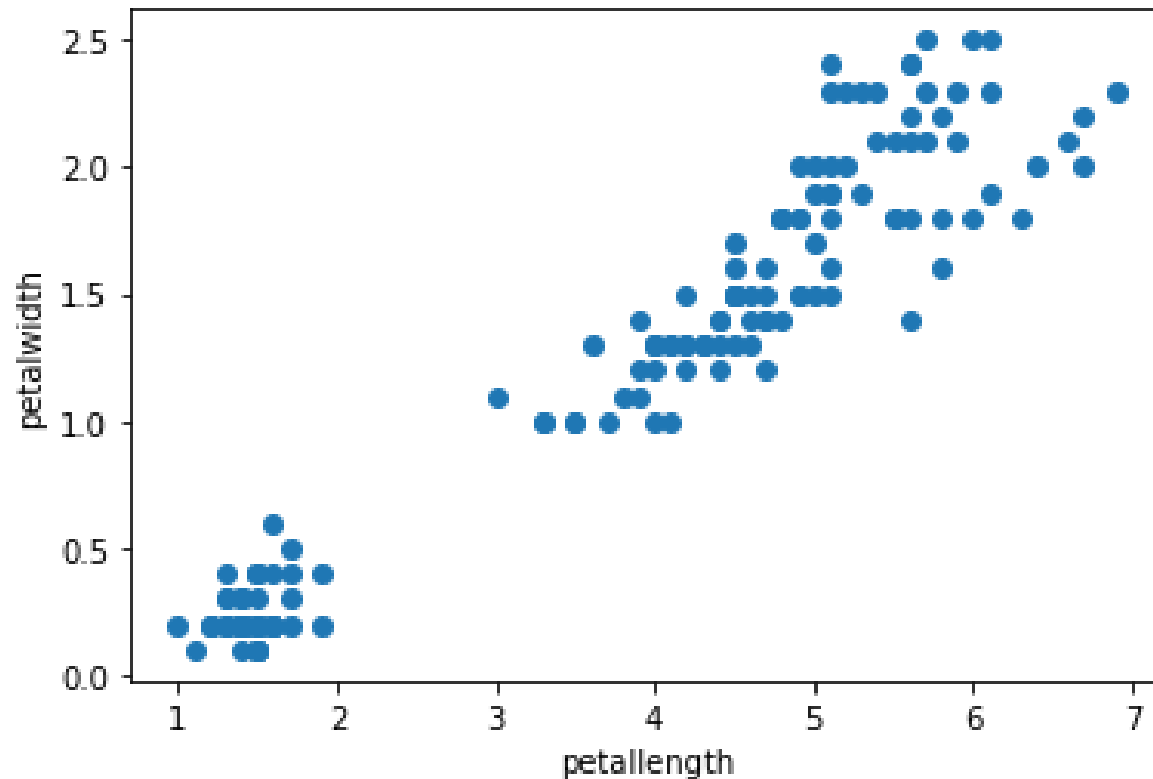
## INTERPRETACION

- Si  $0.5 \leq \text{abs}(\text{Corr}(A,B)) < 0.8$  se dice que A y B tienen una correlación lineal débil.
- Si  $\text{abs}(\text{Corr}(A,B)) \geq 0.8$  se dice que A y B tienen una correlación lineal fuerte
- Si  $\text{abs}(\text{Corr}(A,B)) < 0.5$  se dice que A y B no están correlacionados linealmente. Esto NO implica que son independientes, sólo que entre ambos no hay una correlación lineal.

# Ejemplo

*Correlacion\_Iris.ipynb*

- El valor del **coeficiente de correlación lineal** entre los atributos PETALLENGTH y PETALWIDTH es **0.96**

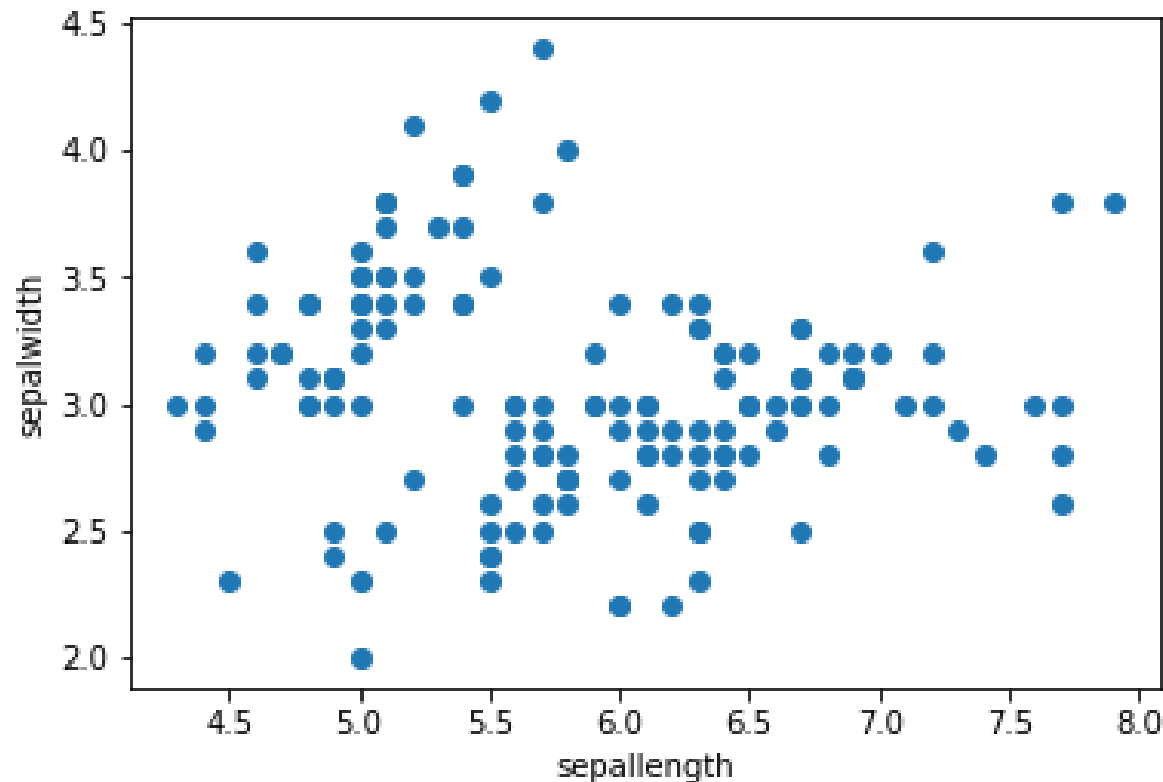




# Ejemplo

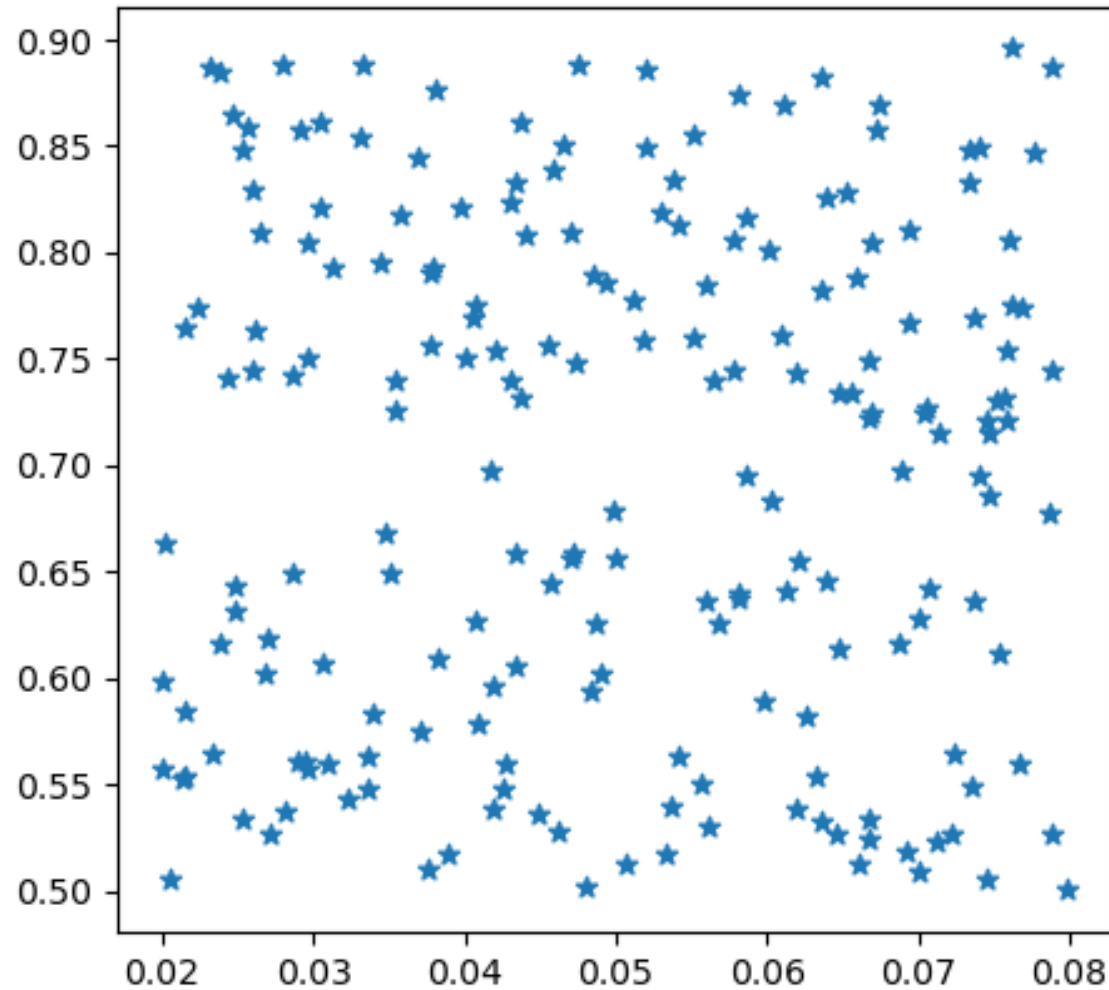
*Correlacion\_Iris.ipynb*

- El valor del **coeficiente de correlación lineal** entre los atributos SEPALLENGTH y SEPALWIDTH es **-0.11**



# Diagrama de dispersión

(atributos K y Na del archivo Drug5.csv)



**$\text{Corr}(K, Na)=0.017$**

# Resumen

## □ Tipos de aprendizaje

- ▣ Supervisado
- ▣ No supervisado

## □ Tipos de Variables

- ▣ Cuantitativas y cualitativas

## □ Descripciones estadísticas

- ▣ Medidas de tendencia central
- ▣ Medidas de dispersión

## □ Gráficos

- ▣ Diagrama de barras
- ▣ Diagrama de torta
- ▣ Histograma
- ▣ Diagrama de caja
- ▣ Diagrama de dispersión  
Coeficiente de correlación lineal