



# INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL CLASE 2

# AGENDA

¿QUÉ ES EL APRENDIZAJE AUTOMÁTICO?

- TÉCNICAS DEL APRENDIZAJE AUTOMÁTICO
- TIPOS DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO
- APRENDIZAJE PROFUNDO

# APRENDIZAJE AUTOMÁTICO Y APRENDIZAJE PROFUNDO



# APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

## Técnicas del Aprendizaje Automático

El Aprendizaje Automático está compuesto por diversos algoritmos matemáticos. Algunos de estos son:

- Regresión lineal
- Máquina de soporte vectorial**
- Árboles de decisión**
- Algoritmos genéticos
- Bosques aleatorios**
- Redes neuronales artificiales

Estos algoritmos son capaces de **aprender de su entorno, a partir de un conjunto de datos** que el algoritmo recibe en **la etapa de entrenamiento**.

# APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

## Técnicas del Aprendizaje Automático

Los algoritmos de Aprendizaje Automático permiten:

- resolver problemas no lineales**
- aprender de ejemplos
- encontrar correlaciones entre datos diversos
- manejar diferentes tipos de datos** (numéricos, textuales, imágenes, etc.)
- tratar con grandes conjuntos de datos** y/o conjuntos de datos de alta dimensión
- ser tolerantes a fallos**, es decir sobrellevar el ruido y **datos incompletos o atípicos**
- realizar predicciones** y generalizaciones a altas velocidades
- realizar **procesamiento en tiempo real**.

# APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

## Terminología Básica y Notaciones

En el Aprendizaje Automático generalmente **se utilizan matrices (tablas de doble entrada)** y notaciones vectoriales para referirnos a los datos, de la siguiente forma:

- 1. Cada fila de la matriz es una muestra,** observación o dato puntual.
- 2. Cada columna es una característica** (o atributo), de la observación mencionada en el punto anterior (“feature” en la imagen).
- 3. En el caso más general habrá una columna, que llamaremos objetivo, etiqueta o respuesta, y que será el valor que se pretende predecir.** (“label” en la imagen.)

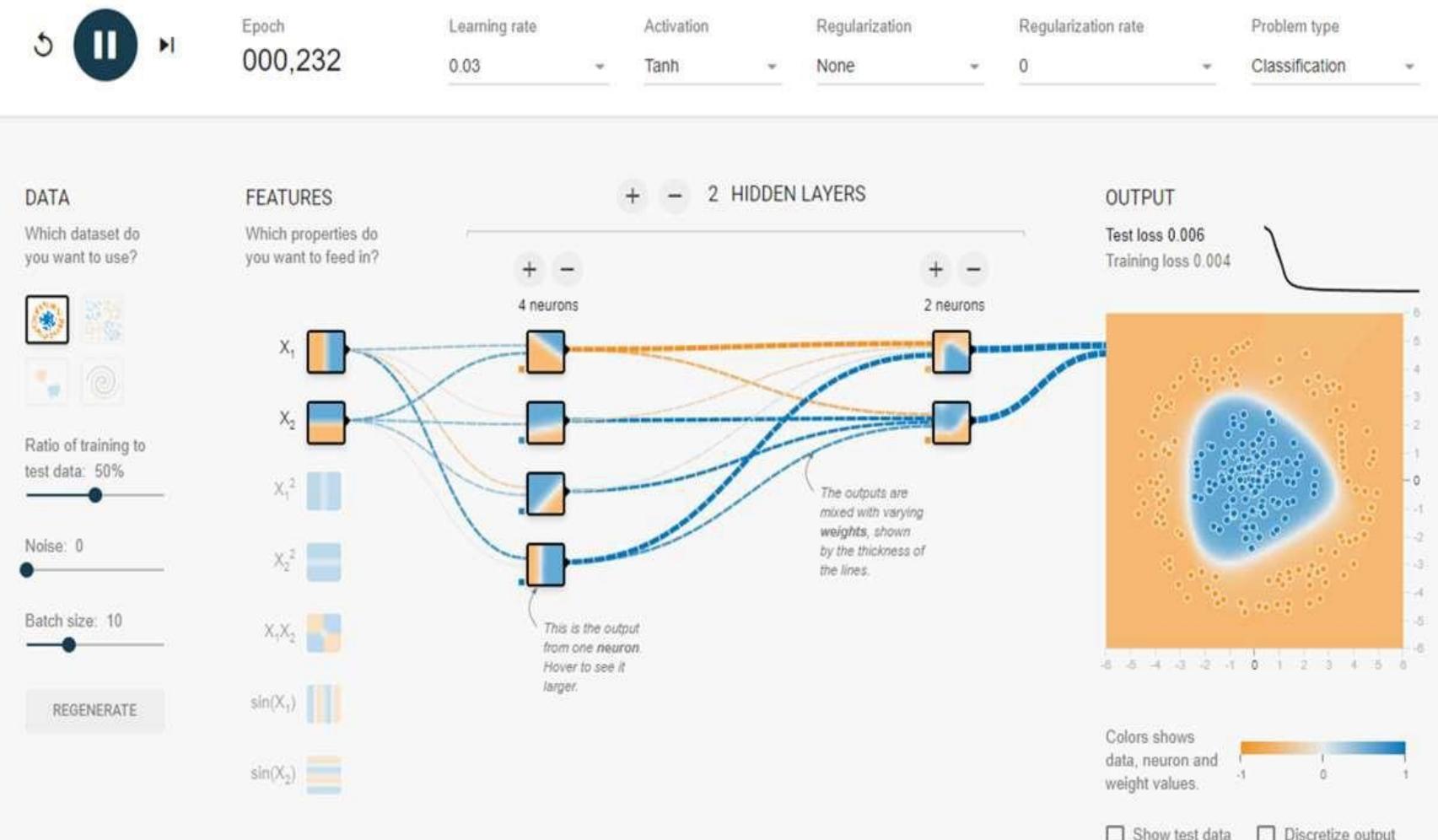
Features					Label
Position	Experience	Skill	Country	City	Salary (\$)
Developer	0	1	USA	New York	103100
Developer	1	1	USA	New York	104900
Developer	2	1	USA	New York	106800
Developer	3	1	USA	New York	108700
Developer	4	1	USA	New York	110400
Developer	5	1	USA	New York	112300
Developer	6	1	USA	New York	114200
Developer	7	1	USA	New York	116100
Developer	8	1	USA	New York	117800
Developer	9	1	USA	New York	119700
Developer	10	1	USA	New York	121600

# APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

## Terminología Básica y Notaciones

Los **algoritmos** de Aprendizaje Automático, normalmente **tienen determinados parámetros "internos"**.

Por ejemplo, las **redes neuronales** cuentan con **cantidad de neuronas, capas ocultas, función de activación** entre otras. A estos parámetros se les llama "**hiperparámetros**".

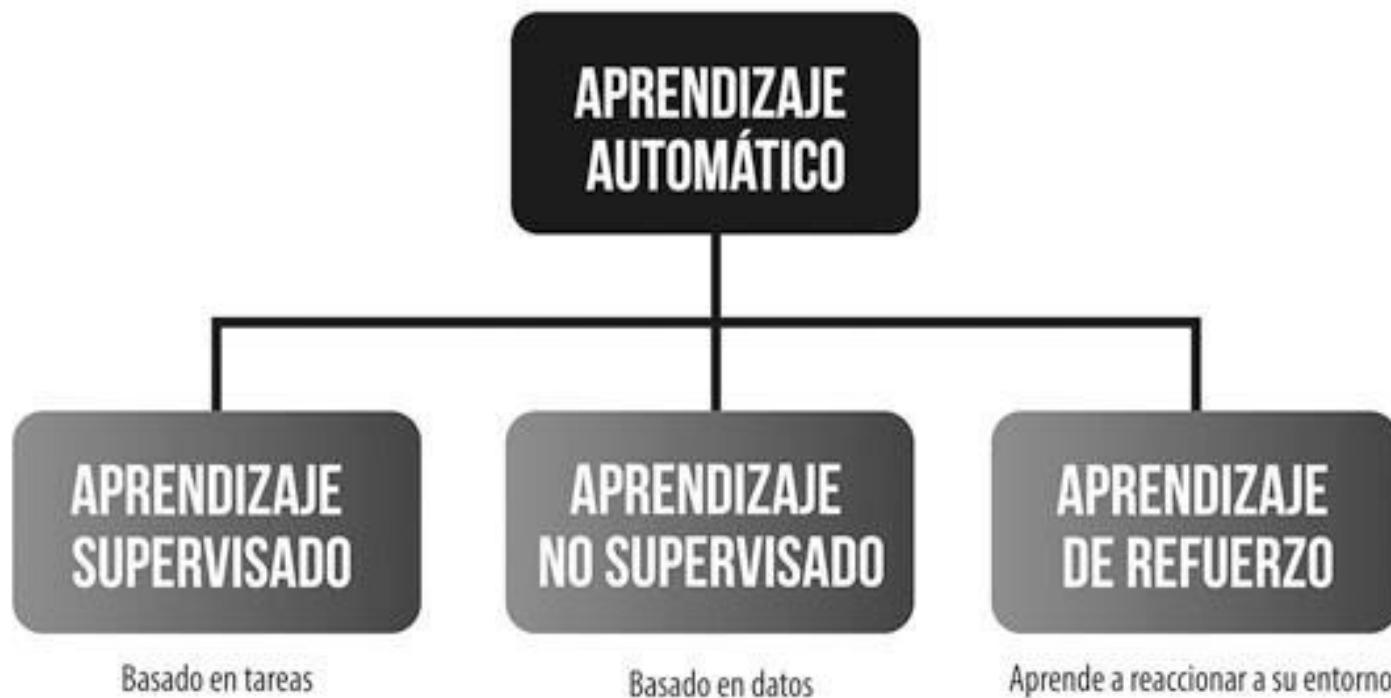


fuente: <https://playground.tensorflow.org/>

# APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

## Tipos de Aprendizaje Automático

### TIPOS DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO



# APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

## Tipos de Aprendizaje Automático

Aprendizaje Supervisado:

**Modelo de Aprendizaje Automático entrenado con ejemplos donde los resultados son conocidos.**

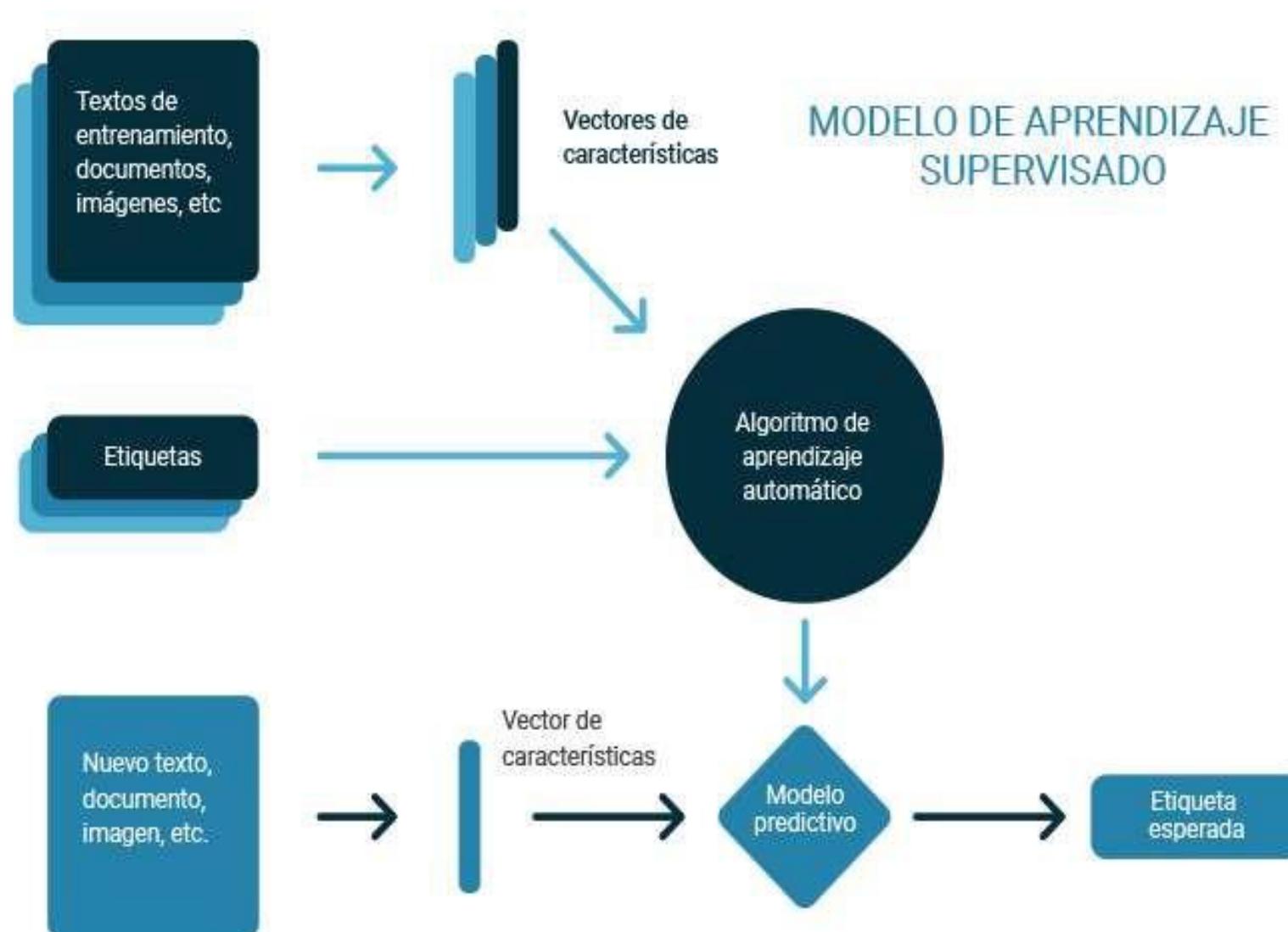
**Los modelos aprenden de esos resultados conocidos y realizan ajustes en sus parámetros interiores para adaptarse a los datos de entrada.**

**Una vez que el modelo es entrenado adecuadamente, el modelo podrá realizar predicciones adecuadas ante nuevos datos no procesados previamente.**

# APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

## Tipos de Aprendizaje Automático

Aprendizaje Supervisado:



# APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

## Tipos de Aprendizaje Automático

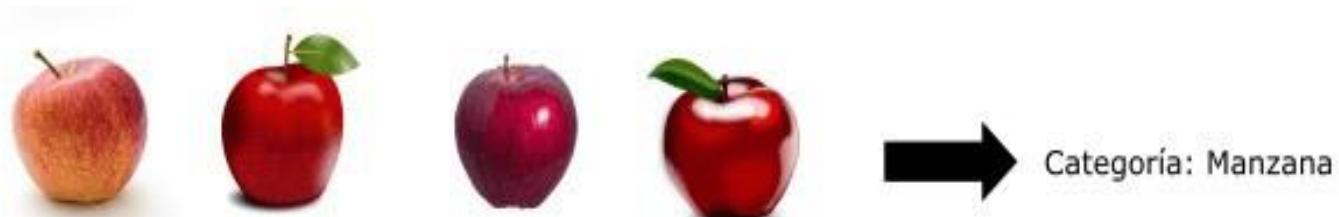
### Aprendizaje Supervisado:

- El aprendizaje supervisado ofrece **soluciones para procesar y convertir datos en información útil para la toma de decisiones.**
- Es una metodología que **permite predecir situaciones de interés, proporcionando decisiones que favorecen los objetivos de la empresa**
- A su vez, permite la **tomar decisiones empresariales de manera más rápida, precisa** y, por lo tanto, más confiables.

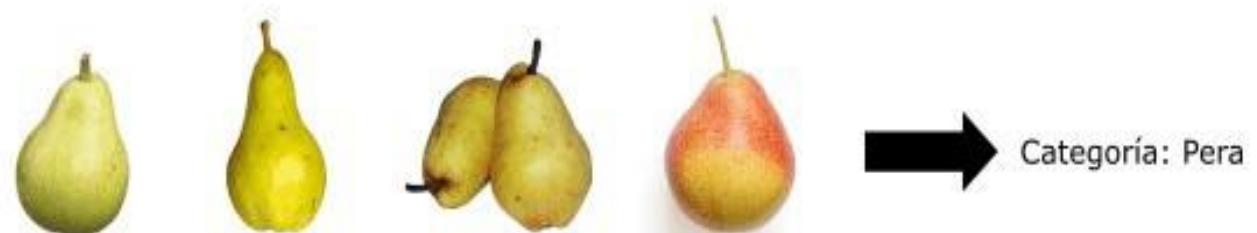
# APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

## Tipos de Aprendizaje Automático

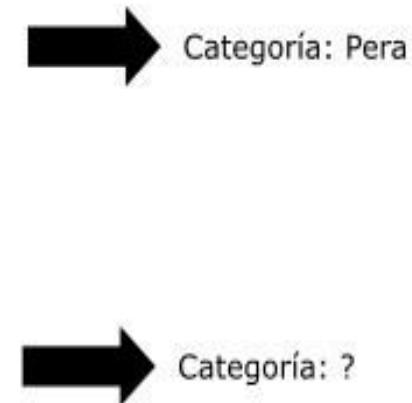
### Aprendizaje Supervisado: Ejemplo



Etiqueta: Objeto rojo en forma de círculo



Etiqueta: Objeto verde en forma de óvalo



Nueva imagen  
(Datos de prueba)

# APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

## Tipos de Aprendizaje Automático

Aprendizaje Supervisado:

Hay dos aplicaciones principales del Aprendizaje Supervisado: **Clasificación y Regresión.**



## Tipos de Aprendizaje Automático

### Aprendizaje Supervisado de Clasificación:

Los **modelos de clasificación** tienen por objetivo **predecir las clases categóricas (valores discretos, no ordenados, pertenencia a grupos)**.

El **resultado es una clase (categoría)**, entre un número limitado de clases:  
por ejemplo:

- si-no;
- mal-bien;
- aceptable-no aceptable;
- peligroso-no peligroso
- cielo despejado, cielo parcialmente nublado, cielo totalmente nublado, etc.

# APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

## Tipos de Aprendizaje Automático

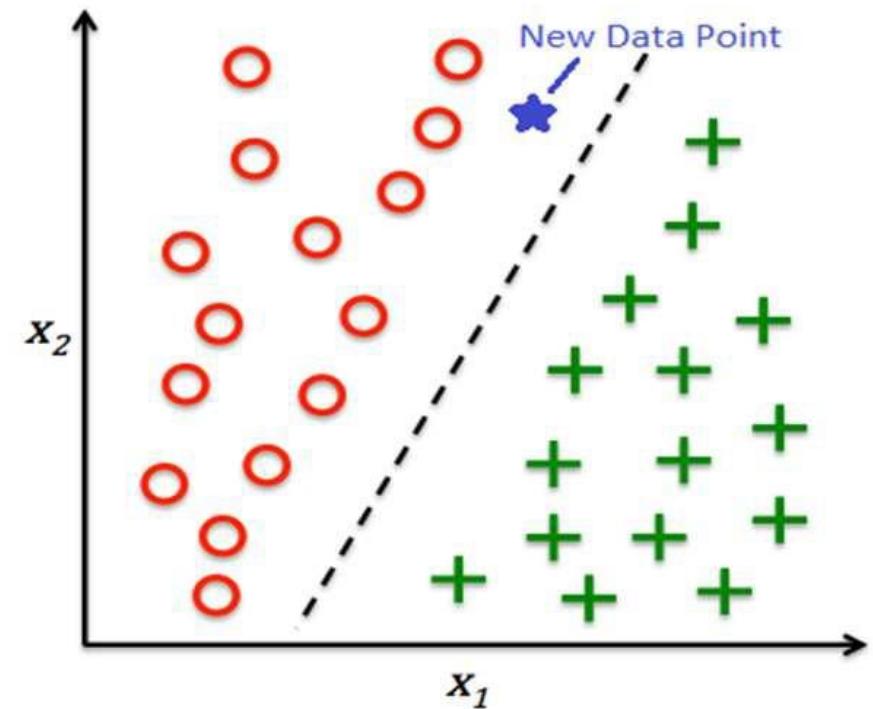
### Aprendizaje Supervisado de Clasificación:

#### Ejemplo

Si tenemos **dos clases de objetos, círculos y cruces, y dos características de los objetos, X1 y X2.**

- El modelo puede encontrar las relaciones entre las características de cada punto de datos y su clase, y establecer la línea divisoria entre ellos.

- Así, al ingresarle nuevos datos, el modelo será capaz de determinar la clase a la que pertenecen, de acuerdo con sus características.



# APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

## Tipos de Aprendizaje Automático

### Aprendizaje Supervisado de Regresión:

Los modelos de regresión son **modelos matemáticos que buscan determinar la relación entre una variable dependiente**, con **respecto a otra u otras variables**, llamadas **explicativas o independientes**.

En estos modelos **el resultado es un valor numérico, dentro de un conjunto infinito** de posibles resultados.

# APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

Tipos de Aprendizaje Automático

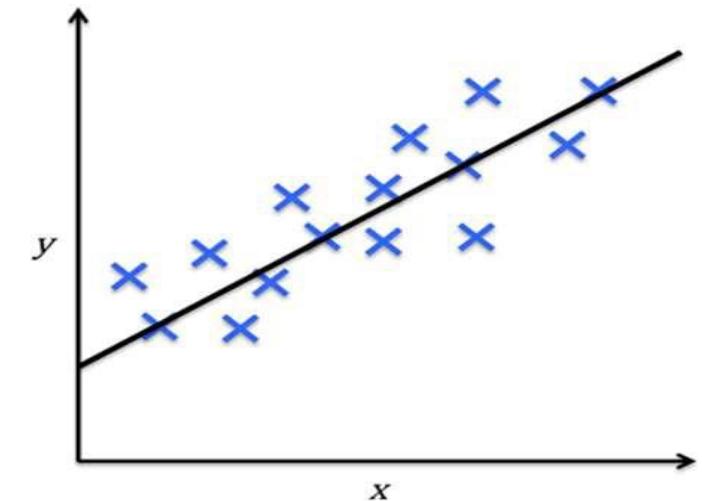
Aprendizaje Supervisado **de Regresión:**

Ejemplo:

Dados **una serie de puntos que podemos graficar** en un plano X,Y.

**Establecemos una línea recta que minimice la distancia** (con el método de **mínimos cuadrados**) **entre los puntos de la muestra y la línea ajustada.**

Luego, **utilizaremos las desviaciones** obtenidas en la formación de la línea para **predecir nuevos datos de salida ante nuevos datos de entrada.**



# APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

Tipos de Aprendizaje Automático

## Aprendizaje No Supervisado:

En el aprendizaje no supervisado, **trataremos con datos sin etiquetar cuya estructura es desconocida. El objetivo será la extracción de información significativa, sin la referencia de variables de salida conocidas**, y mediante la **exploración de la estructura de dichos datos sin etiquetar**.

# APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

Tipos de Aprendizaje Automático

## Aprendizaje No Supervisado:

**Hay dos aplicaciones** principales del Aprendizaje No Supervisado:  
**Agrupamiento y Reducción dimensional.**



# APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

Tipos de Aprendizaje Automático

**Aprendizaje No Supervisado:**

## Agrupamiento

**El agrupamiento o clustering** es una **técnica exploratoria de análisis de datos**, que se usa para organizar información en grupos con **características similares** de muestras de entrenamiento, sin tener conocimiento previo de su **estructura** y sin ningún criterio especial a priori.

**Cada grupo es un conjunto de objetos similares** que se diferencia de los objetos de otros grupos.

- **El objetivo es obtener un número de grupos de características similares.**
- Esta técnica es útil para observar los grupos naturales que existen.

# APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

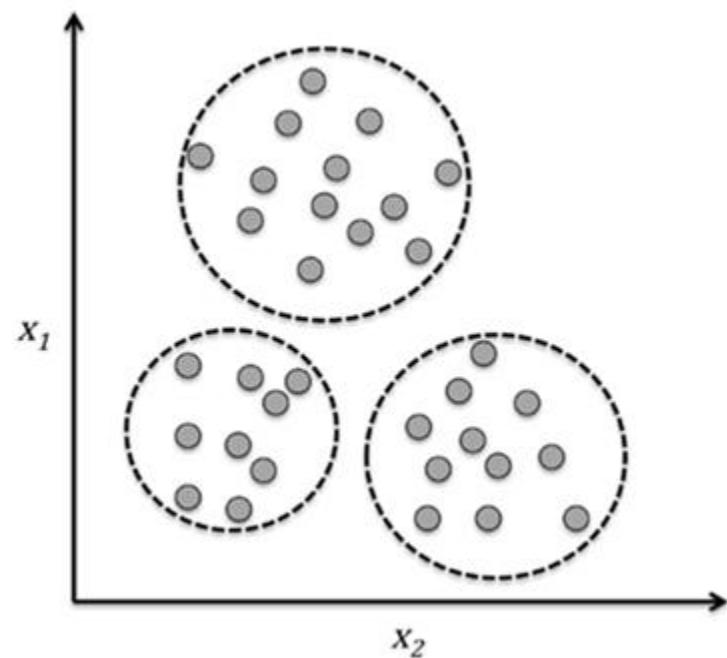
## Tipos de Aprendizaje Automático

### Aprendizaje No Supervisado: Agrupamiento

#### Ejemplos:

Un ejemplo de aplicación de este tipo de algoritmos en una empresa, puede ser para:

- **La segmentación de tipos de clientes en función de sus hábitos de compra;**
- **Predecir gustos o preferencias de los clientes** para poder realizar **técnicas de marketing efectivas y “personalizadas”;**
- buscar **relaciones entre clientes**, etc.



# APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

## Tipos de Aprendizaje Automático

### Aprendizaje No Supervisado:

#### Reducción Dimensional

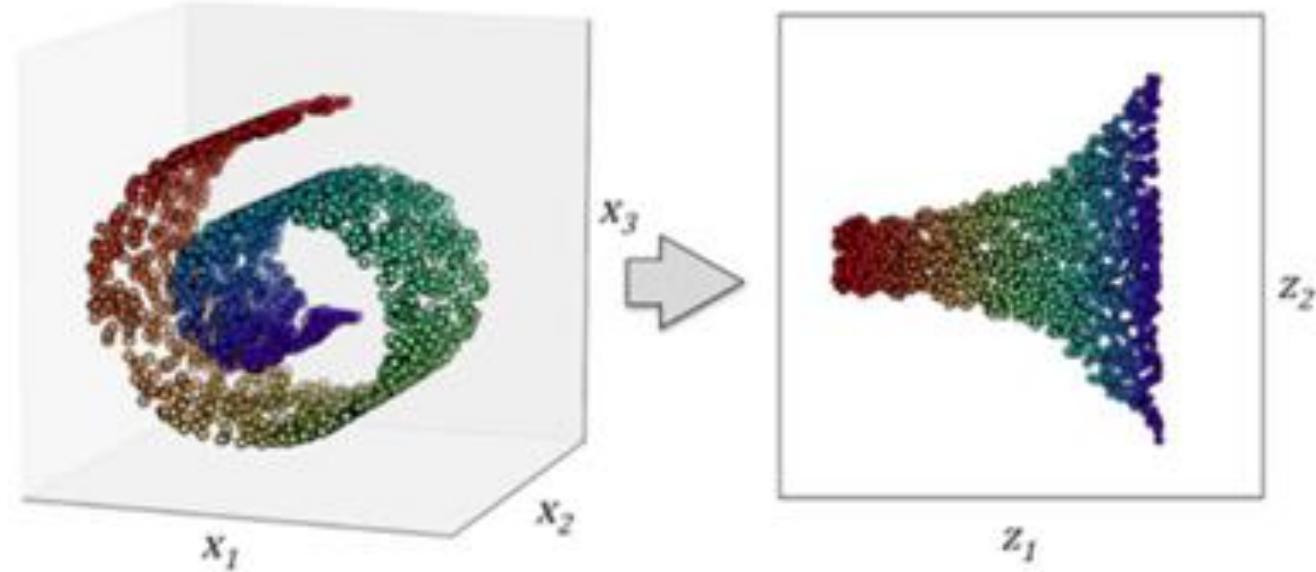
- Es común trabajar con **datos** en los que cada observación se presenta con alto número de **características**, en otras palabras, que tienen **alta dimensionalidad**.
- La **alta dimensionalidad** puede afectar la **capacidad de procesamiento y el rendimiento computacional** de los algoritmos de Aprendizaje Automático.
- La **reducción dimensional** es una de las técnicas usadas para mitigar este efecto, y **consiste en la reducción del número de variables** en una **colección de datos**.

# APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

Tipos de Aprendizaje Automático

**Aprendizaje No Supervisado:**

**Reducción Dimensional**



- Busca **correlaciones entre características**, eliminando información **redundante**.
- Estas técnicas **eliminan “ruido” de los datos** (que puede también **empeorar el comportamiento del modelo**)
- **Comprimen los datos en un sub-espacio más reducido**, al tiempo que **retienen** la mayoría de la **información relevante**.

3D

2D

# APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

## Tipos de Aprendizaje Automático

### Aprendizaje Por Refuerzo:

En el aprendizaje por refuerzo **el objetivo es construir un modelo con un agente que mejora su rendimiento con cada interacción que se realiza con el entorno.**



- Basado en un **agente** que **interactúa con el entorno**.
- El agente **recibe recompensas** según la **efectividad de sus acciones**.
- Usa las **recompensas** para **ajustar su comportamiento y mejorar su rendimiento**.

## APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

Tipos de Aprendizaje Automático

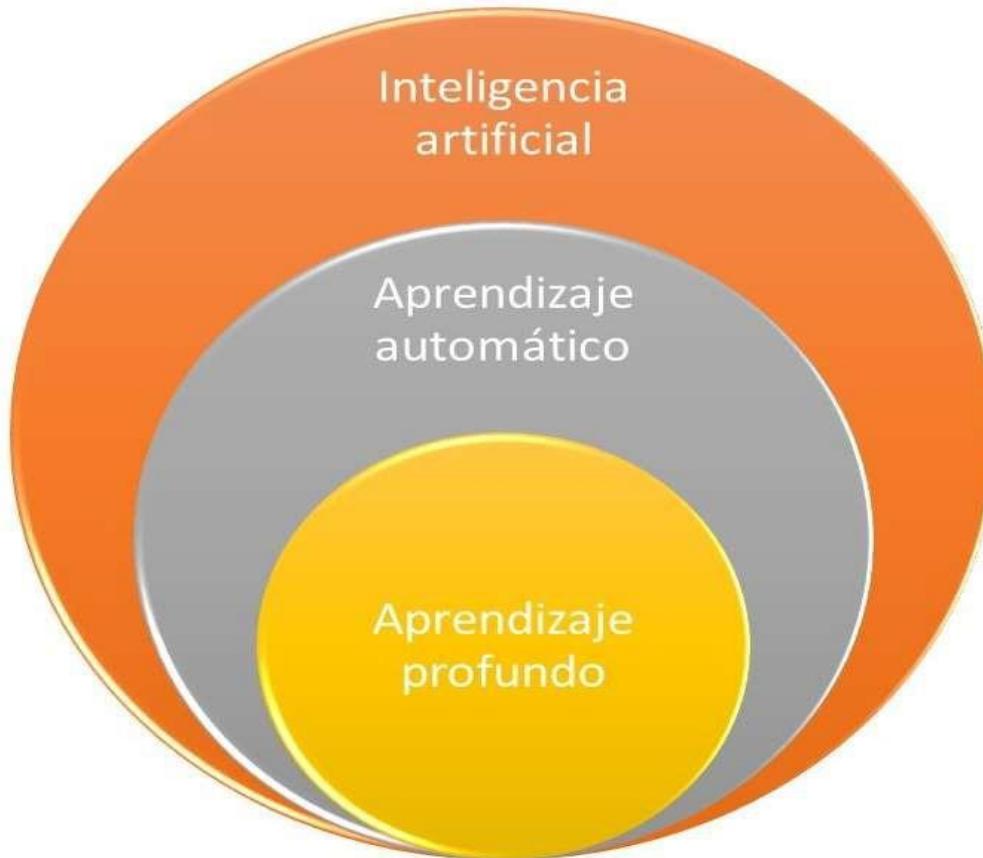
**Aprendizaje Por Refuerzo:**

**Ejemplo:**

Un ejemplo común es una **máquina de ajedrez**, donde **el agente decide entre una serie de posibles acciones**, dependiendo de la **disposición del tablero** (que es el **estado del entorno**) y la **recompensa se recibe según el resultado de la partida**.



# APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

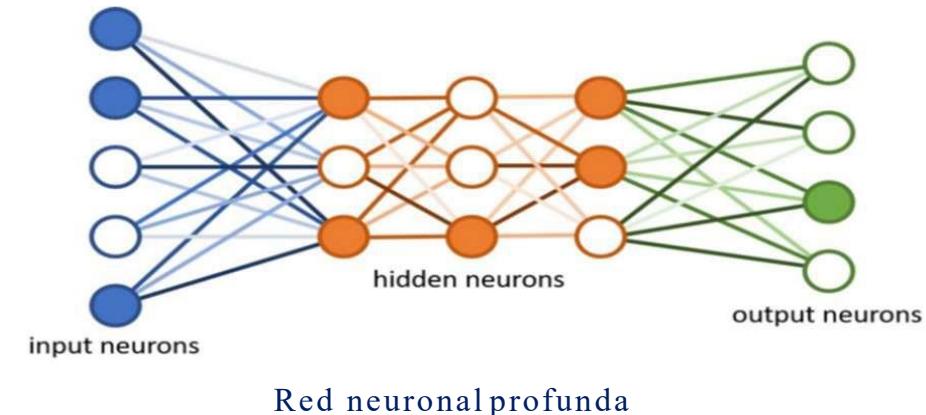
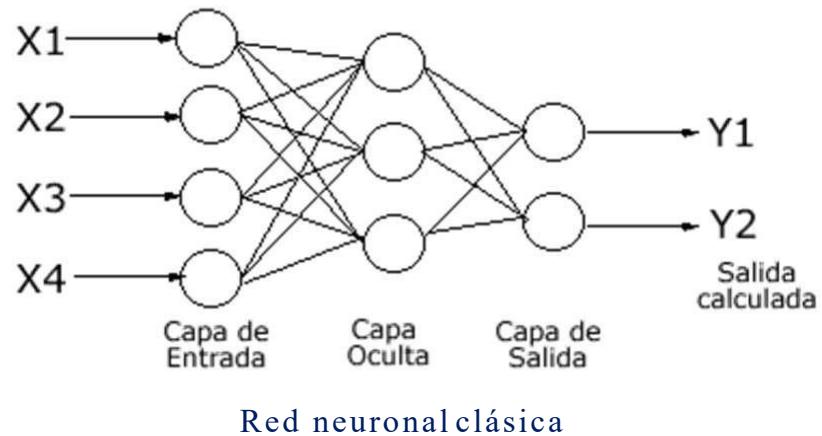


# APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

## Aprendizaje Profundo

El Aprendizaje Profundo o Deep Learning, es un **subcampo del Aprendizaje Automático**, que **usa una estructura jerárquica de redes neuronales artificiales**, que se construyen de una forma similar a la estructura neuronal del cerebro humano, con los nodos de **neuronas conectadas como una tela de araña**.

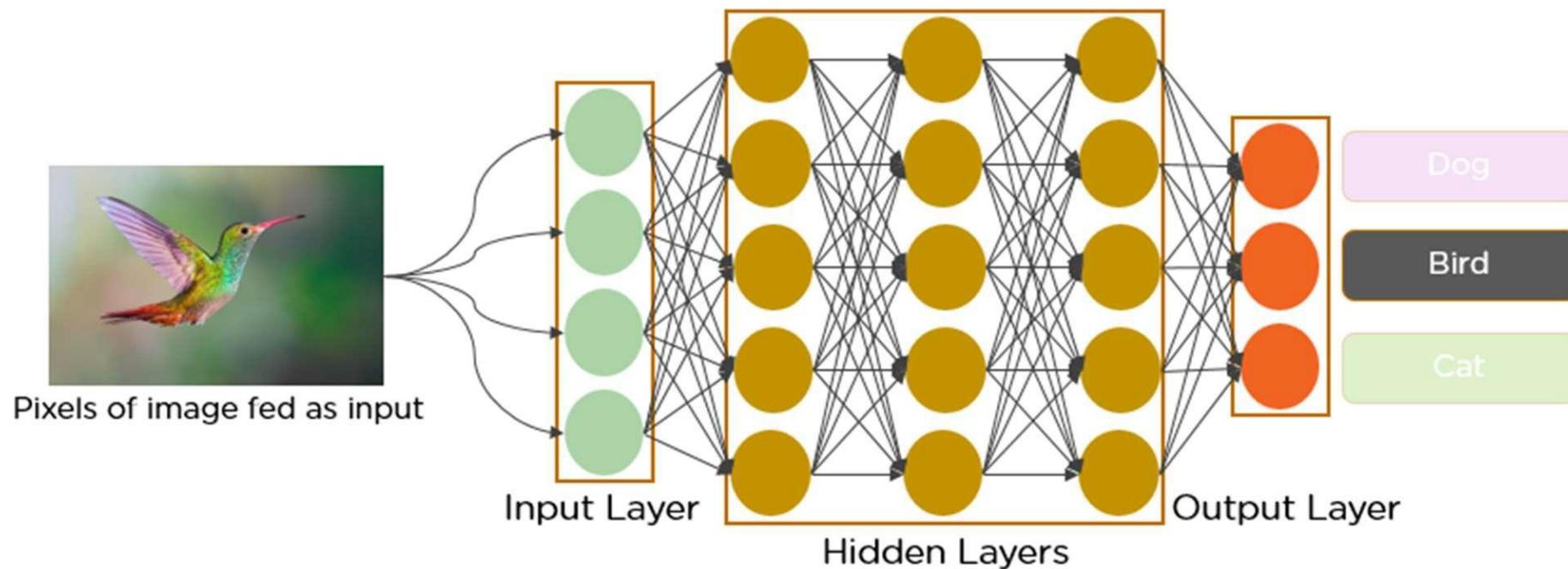
Esta arquitectura permite abordar el **análisis de datos de forma no lineal**.



# APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

## Aprendizaje Profundo

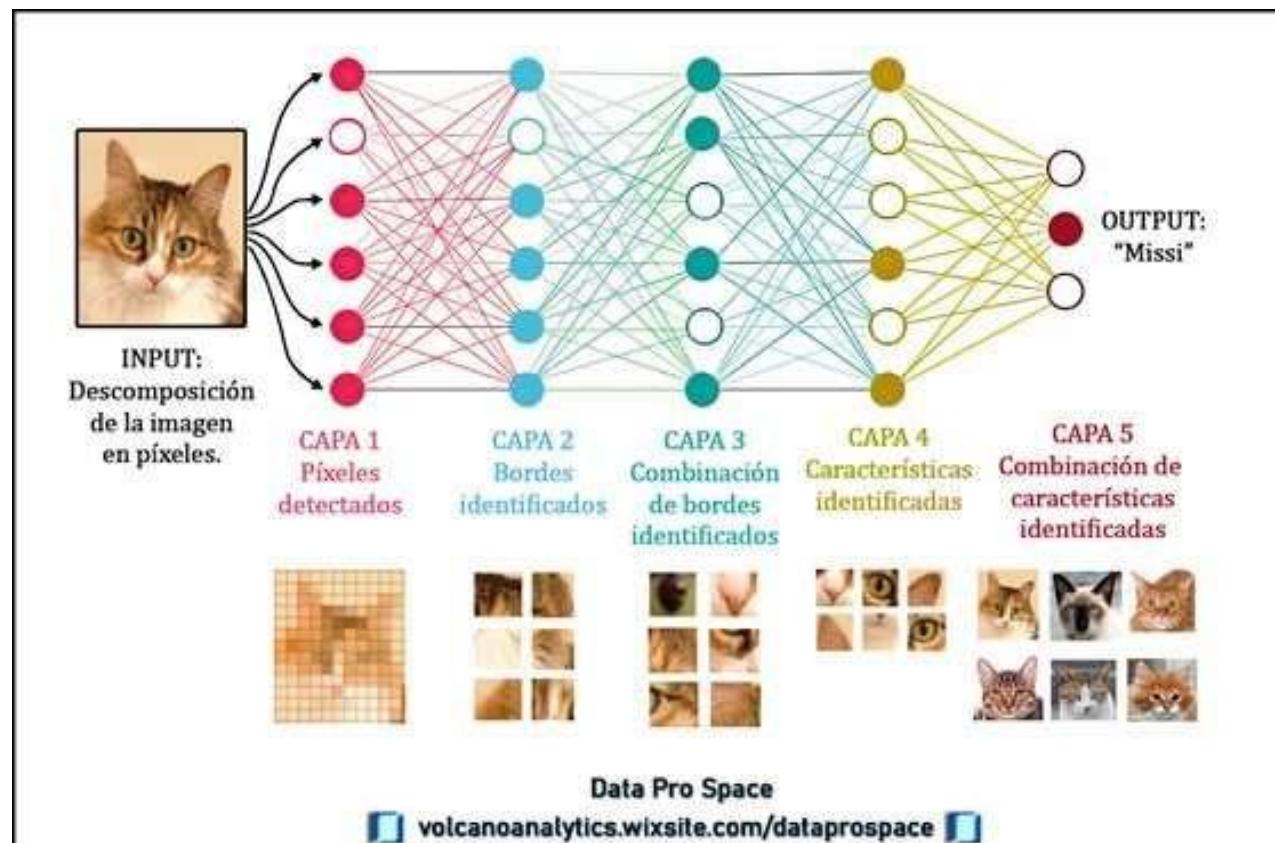
El Aprendizaje Profundo es **uno de los principales algoritmos** utilizados en la **creación de aplicaciones y programas para reconocimiento de imágenes**.



# APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

## Aprendizaje Profundo

Una de las técnicas más utilizadas son las Redes Neuronales Convolucionales.



# APRENDIZAJE SUPERVISADO

## REGRESIÓN

## REGRESIÓN LINEAL

### ¿Qué es una regresión lineal?

La regresión lineal es un **algoritmo de aprendizaje supervisado que se utiliza en Aprendizaje Automático y en Estadística**.

- En su versión más sencilla, lo que haremos es “**dibujar una recta**” que nos indicará la tendencia de un **conjunto de datos continuos**.
- Predice el valor de una **variable dependiente** a partir de una o más **variables independientes** o explicativas.
- **Estima los coeficientes de la ecuación lineal**, en base a una o a más **variables independientes** que mejor predicen el valor de la variable dependiente.
- **La línea** o superficie resultante **minimiza la diferencia entre valores previstos y reales**.

# REGRESIÓN LINEAL

¿Por qué es importante la regresión lineal?

- **Sencilla y fácil de interpretar:** proporciona una **fórmula matemática** para generar predicciones.
- **Aplicable en múltiples áreas:** empresas, ciencia, biología, conducta, medio ambiente, negocios.
- **Predicciones confiables:** permite **estimar el futuro de manera científica**.
- **Transforma datos en decisiones:** convierte **grandes volúmenes de datos en información útil**.

## REGRESIÓN LINEAL

¿Qué podemos obtener a partir del análisis de regresión en una empresa?

- Análisis predictivo -> **Pronosticar oportunidades y riesgos futuros**
- Eficiencia operativa -> **Optimizar la administración** de las empresas
- Decisiones de apoyo -> **Aportar** un punto de vista científico a la **gestión de cualquier negocio**
- Corrección de errores -> Identificar y **evitar posibles errores**
- Nuevas perspectivas -> Encontrar una **relación entre** diferentes **variables** al **descubrir patrones que antes pasaban desapercibidos**

# REGRESIÓN LINEAL

## Ejemplos de uso del análisis de regresión en las empresas

- Evaluación de las **tendencias y las estimaciones de ventas**
- Análisis de la **elasticidad de los precios**
- Evaluación **del riesgo para inversionistas**
- **Control de calidad** de un producto o servicio
- **Formación de recursos humanos**

# REGRESIÓN LINEAL

## Regresión Lineal Simple

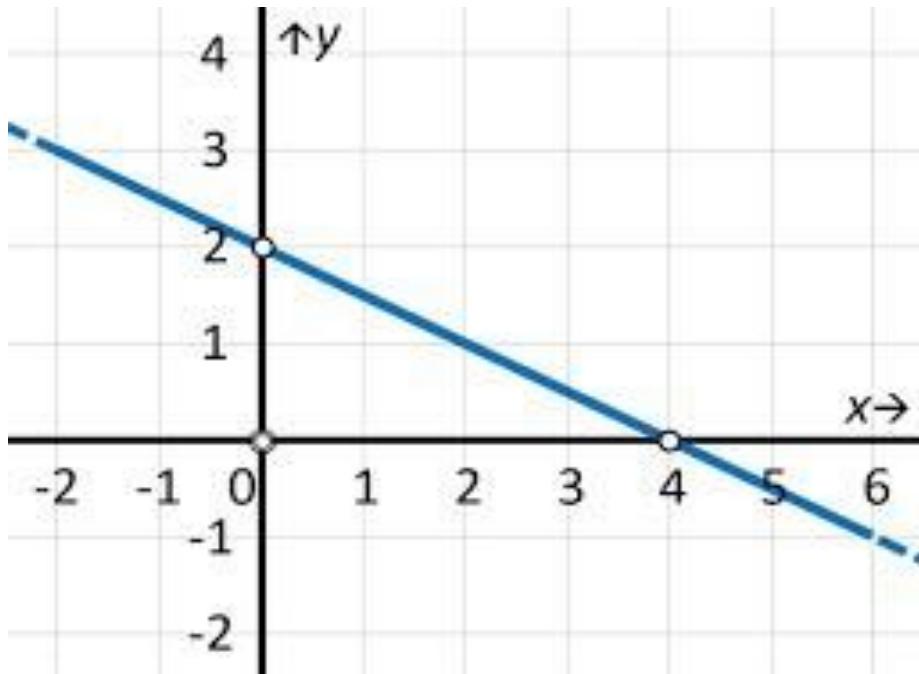
**Para una regresión lineal simple utilizaremos la ecuación de la recta para predecir el comportamiento de los datos a través de los datos muestrales**

Pero antes, vayamos de a poco... **¿Cuál es la ecuación de la recta? ¿Qué son los datos muestrales? ¿Cómo hacemos una regresión lineal?**

Ganemos intuición....

# REGRESIÓN LINEAL

## Regresión Lineal Simple



Ecuación de la recta:

$$y = w.x + b$$

**x, y: son variables en un plano cartesiano.**

**w: "pendiente de la recta"** y está relacionada con la **inclinación** que toma la recta respecto a un par de ejes que definen el plano.

**b: es el denominado "término independiente" u "ordenada al origen"** y es el **valor de la ordenada del punto en el cual la recta corta al eje vertical** en el plano.

# REGRESIÓN LINEAL

## Regresión Lineal Simple

Analicemos la **siguiente muestra de datos**.

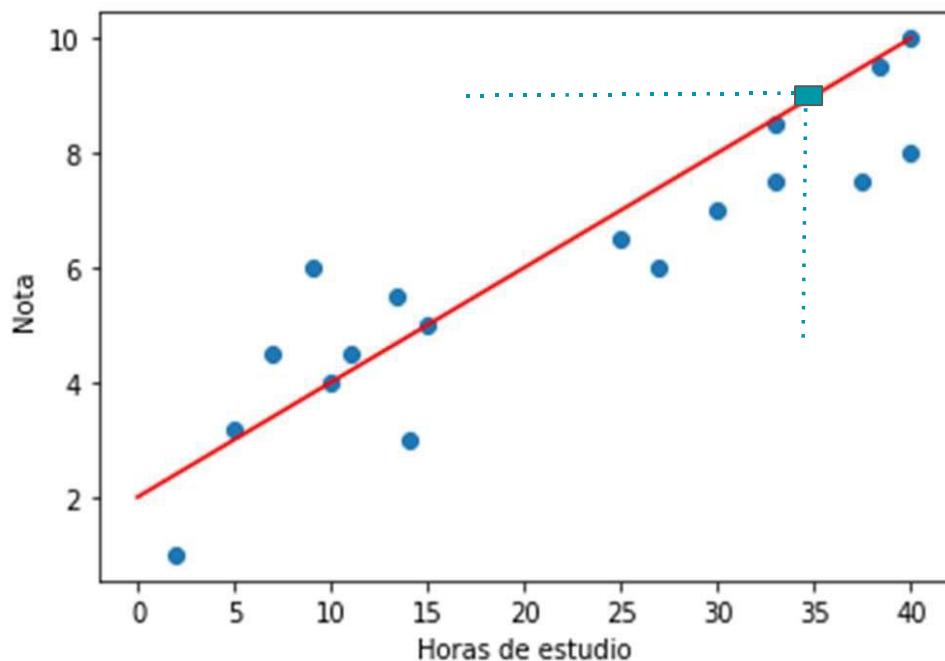
Basados en la siguiente gráfica, **podemos concluir que a mayor horas de estudio, mayor será la nota obtenida**.

Además, podríamos estimar **¿Cuál será la nota de un alumno que haya estudiado 20hs?**

# REGRESIÓN LINEAL

## Regresión Lineal Simple

Supongamos un escenario simple donde utilicemos la ecuación de la recta con:



$$w = 0.2$$

$$b = 2$$

$$f(x) = 0.2 * x + 2$$

siendo  $x$ : horas de estudio,  $f(x)$ : Nota

**¿Qué nota predice el modelo con  $x=20$ ?**

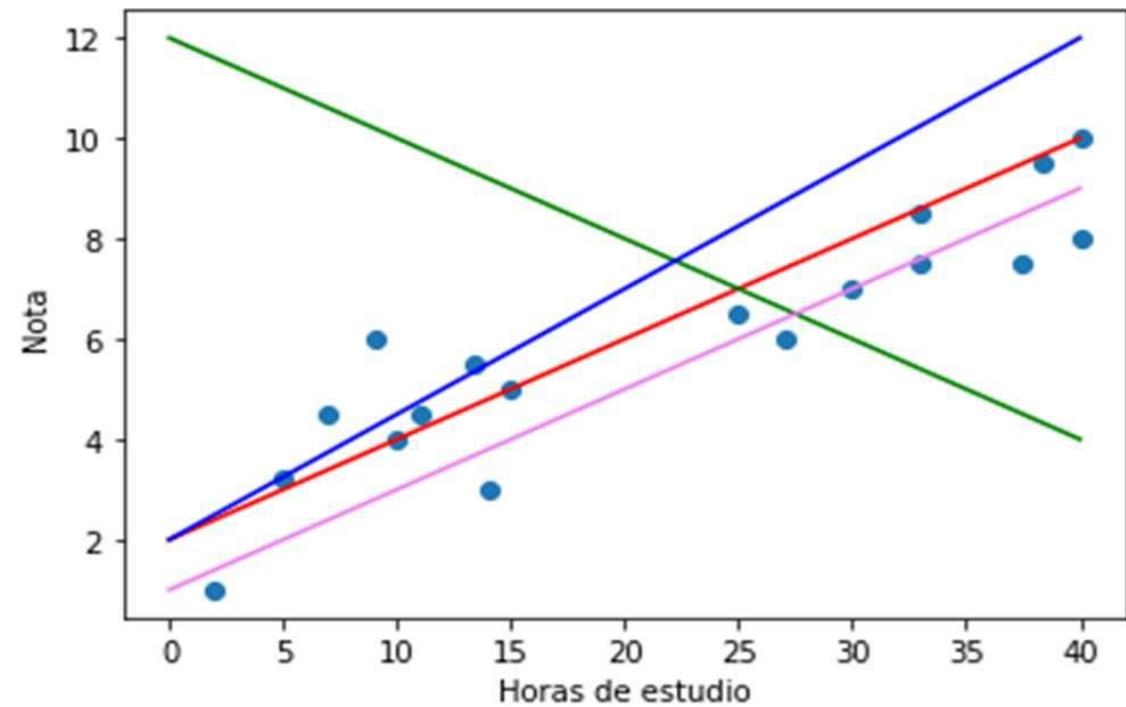
$$f(20) = 0.2 * 20 + 2 = 6$$

**Predice que la nota es un 6**

# REGRESIÓN LINEAL

## Regresión Lineal Simple

Excelente! Logramos realizar un primer modelo, pero...



- **¿Es el único modelo posible?**
- **¿Es el mejor?**
- **¿Cuál es la recta que representa mejor a los datos?**
- **¿Cómo podemos medir el error del modelo?**
- **¿Qué es el error?**

# REGRESIÓN LINEAL

## Regresión Lineal Simple

Podemos considerar al error como la **distancia al cuadrado entre el valor predicho por el modelo y el dato medido**. A esto se lo conoce como el **Error Cuadrático**

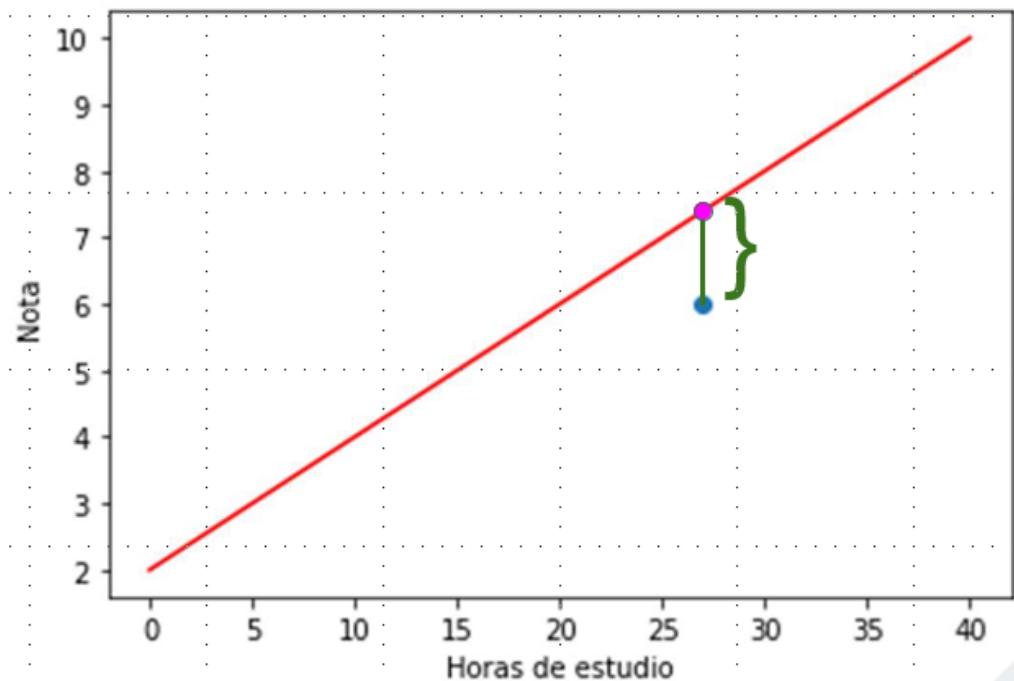
**El Error Cuadrático se expresa como:**

$$E = (Y_i - Y'_i)^2 = (Y_i - F(x_i))^2$$

donde:

**Y= es el valor de la muestra o real**

**Y'= es el valor predicho por el modelo.**



# REGRESIÓN LINEAL

## Regresión Lineal Simple

$$E = (Y_i - Y_i')^2 = (Y_i - F(x_i))^2$$

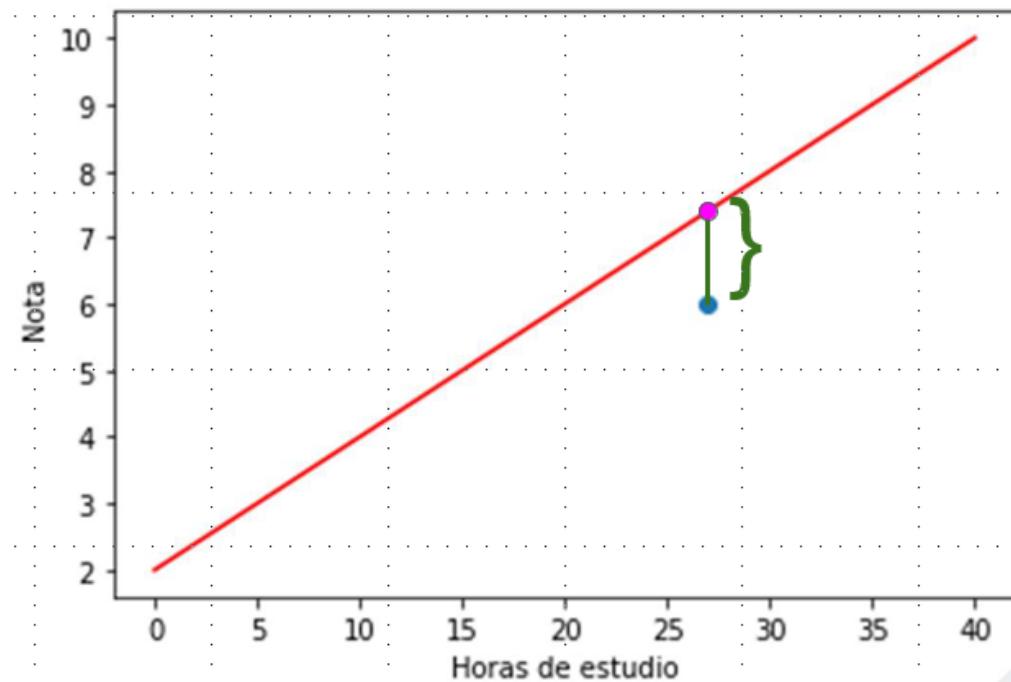
Veamos un ejemplo simple. **¿Cuál es el error que tiene el modelo anterior para un alumno que estudió 2 horas y su nota es un 1?**

$$X_i = 2 \text{ e } Y_i = 1$$

$$F(X_i) = 0.2 * 2 + 2 = 2.4$$

$$E = (Y_i - F(x_i))^2 = (1 - 2.4)^2 = (-1.4)^2 = 1.96$$

$$E = 1.96$$



# REGRESIÓN LINEAL

## Regresión Lineal Simple

### Error Cuadrático Medio (MSE)

Hasta el momento calculamos el error para un único punto, pero **necesitamos medir el error en todos los puntos.**

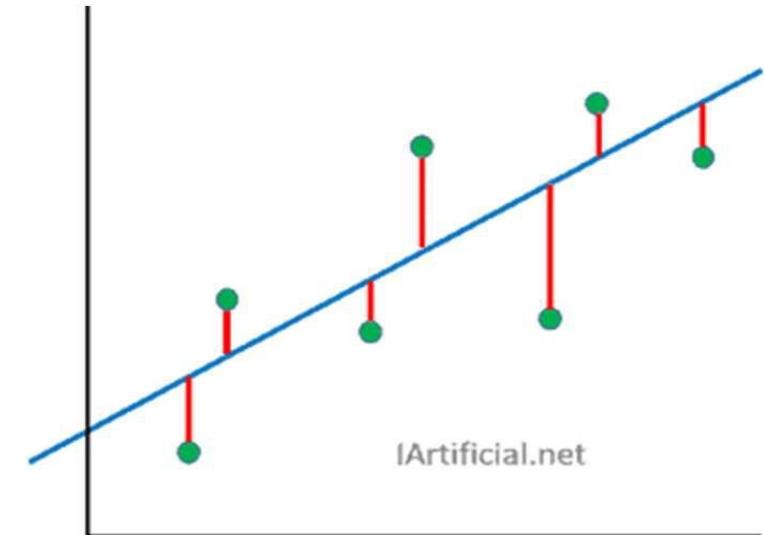
¿Cómo podemos saber cuál es el error general de nuestro modelo?

El MSE se expresa como:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_i^n (Y_i - Y'_i)^2$$

Bien, analicemos un poco,

- **¿Qué es lo que estoy buscando con todas estas ecuaciones?** Busco que mi modelo tenga el mínimo error posible dado que mientras más error tenga, menos preciso será.
- **¿Qué es lo que define que mi modelo sea preciso?** La forma en que la recta se ajusta mejor a los datos.
- **¿Qué es lo que determina cómo se ajusta la recta a los datos?** Los coeficientes ( $w$  y  $b$  en este caso).



# REGRESIÓN LINEAL

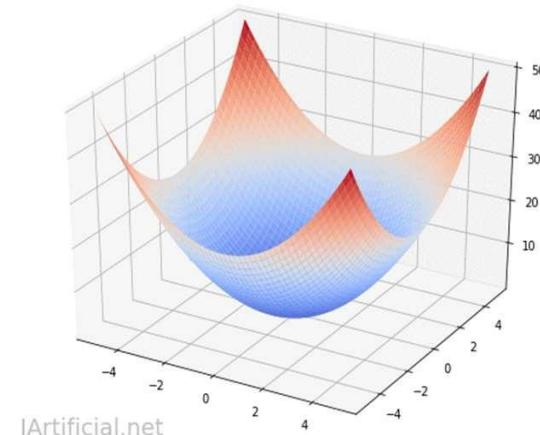
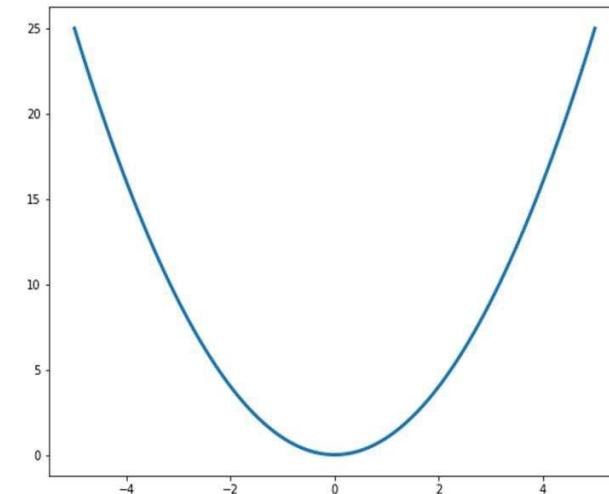
## Regresión Lineal Simple

Error Cuadrático Medio (**MSE**)  $MSE = \frac{1}{n} \sum_i^n (Y_i - Y'_i)^2$

Si analizamos qué forma tiene esta ecuación y sabiendo que el valor que debemos ajustar son los coeficientes de la recta, el **MSE es una ecuación cuadrática**.

En la figura de la izquierda, vemos el **MSE para una variable (en 2D)**, y en la figura de la derecha, se observa el **MSE para dos variables (en 3D)**.

En ambos casos **se observa que vamos a tener un único mínimo global**.



# REGRESIÓN LINEAL

## Regresión Lineal Simple

- **Método de los Mínimos Cuadrados**
- El método de los mínimos cuadrados se utiliza para calcular la recta de regresión lineal que minimiza los residuos (diferencias entre los valores reales y los estimados por la recta).
- La fórmula del método de mínimos cuadrados se puede expresar como:

$$W = (X^T X)^{-1} X^T Y$$

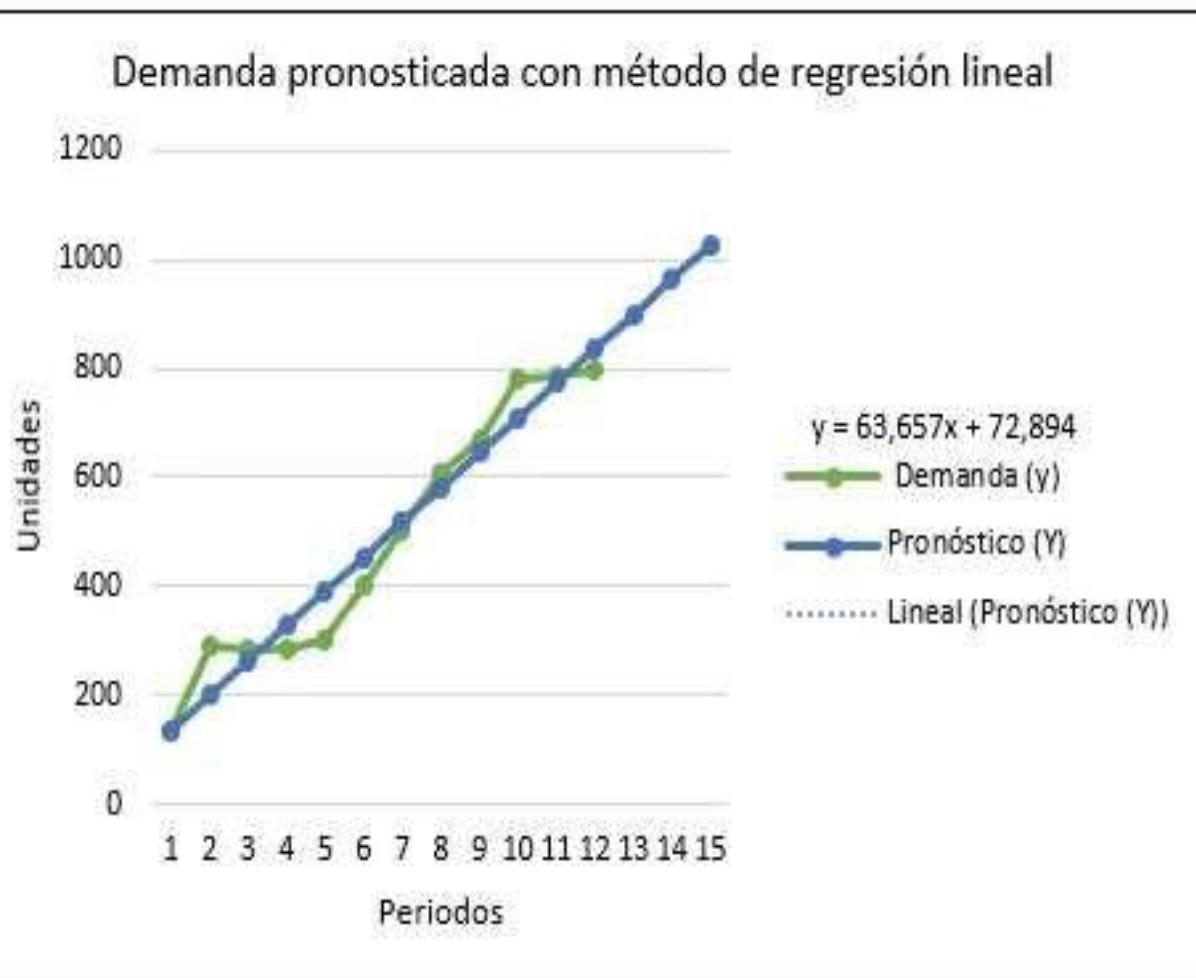
Donde:

- **W: es la matriz de los coeficientes**
- **X: es la matriz de variables dependientes**
- **Y: es la matriz de variables independientes**
- **T: hace referencia a la transpuesta de la matriz X**

# REGRESIÓN LINEAL

## Regresión Lineal Simple

Periodo (x)	Demanda (y)	Pronóstico (Y)
1	133	137
2	292	200
3	283	264
4	283	328
5	302	391
6	400	455
7	505	518
8	608	582
9	667	646
10	783	709
11	785	773
12	799	837
13		900
14		964
15		1028



## Regresión Lineal Múltiple

En la **regresión lineal múltiple** vamos a utilizar **más de una variable explicativa**; esto nos va a ofrecer la ventaja de utilizar más información en la construcción del modelo y, consecuentemente, realizar estimaciones más precisas.

Volviendo a nuestro ejemplo, quizás tengamos **mayor precisión de la nota de un alumno si contáramos con más información**, por ejemplo, saber a **cuántas clases asistió**, o el **estilo de vida que lleva** (si trabaja, como se compone su familia, etc).

¿Cómo podemos **incluir esa información en nuestro análisis**? Lo que más nos gusta, **fórmulas matemáticas...**

$$y = w_0 + w_1x_1 + w_2x_2 + \dots + w_kx_k$$

Donde:

y: variable independiente u objetivo     $w_0$ : ordenada al origen

$x_k$  = variable dependiente (característica o feature)

# REGRESIÓN LINEAL

## Regresión Lineal Múltiple

$$y = w_0 + w_1x_1 + w_2x_2 + \dots + w_kx_k$$

En la **regresión lineal múltiple tenemos un hiperplano**, cuya dimensión dependerá de cuantas variables (**feature**) tengamos.

Por lo tanto, es muy útil **describir el modelo en termino de matrices**.

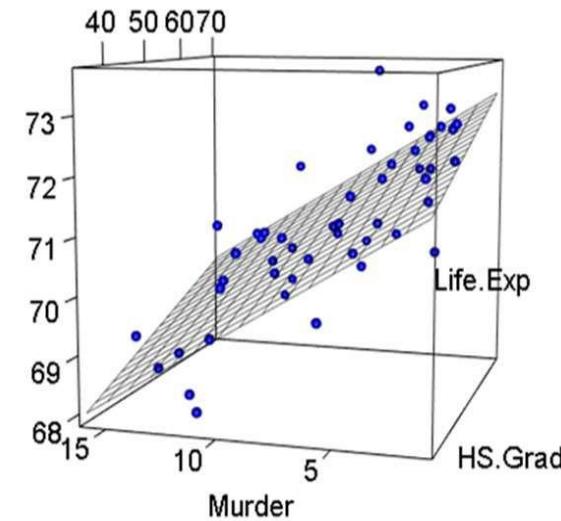
Multiple Regression →  $y = m_1x_1 + m_2x_2 + b$

$$Y = WX$$

$$Y = \begin{bmatrix} y_0 \\ y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \end{bmatrix}$$

$$X = \begin{bmatrix} x_{00} & x_{01} & x_{02} \\ x_{10} & x_{11} & x_{12} \\ x_{20} & x_{21} & x_{22} \\ x_{30} & x_{31} & x_{32} \\ x_{40} & x_{41} & x_{42} \end{bmatrix}$$

$$W = [w_0 \ w_1 \ w_2]$$



# OTROS TIPOS DE REGRESIÓN

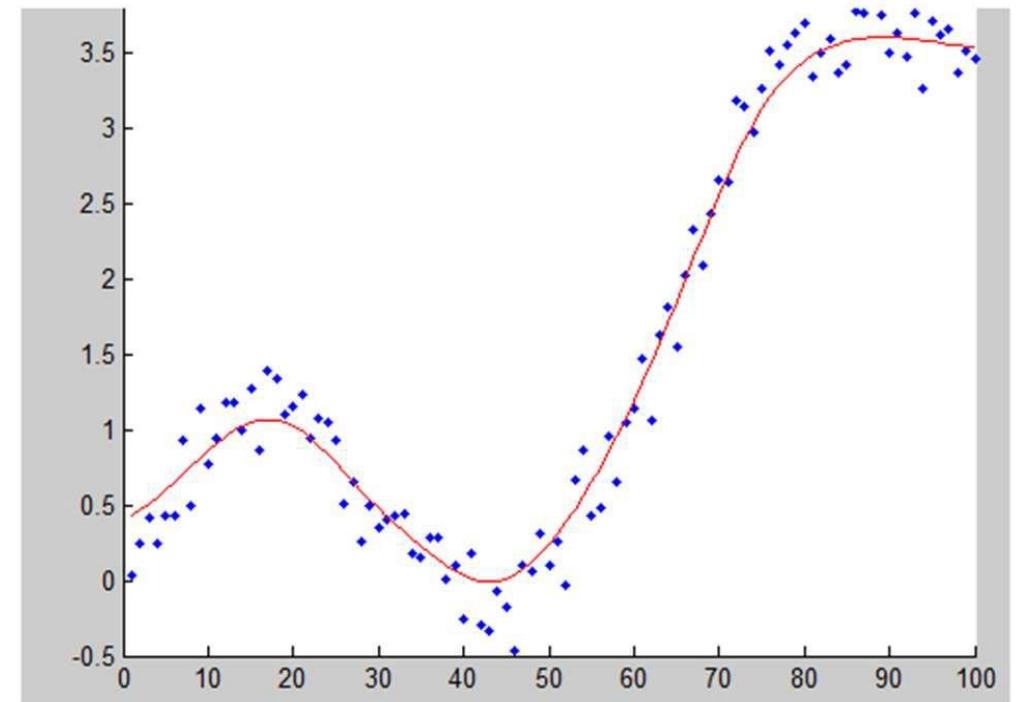
## Regresión Polinómica

La regresión polinómica es un **caso especial de análisis de regresión lineal múltiple** en la que la **relación entre la variable independiente x, y la variable dependiente y, se modela como un polinomio de grado “n” en x.**

Polynomial Regression →

$$y = W_1x^3 + W_2x^2 + W_3x + W_4$$

En otras palabras, **cuando nuestra distribución de datos es más compleja** que una distribución lineal, debemos **crear una curva para ajustar datos no lineales.**



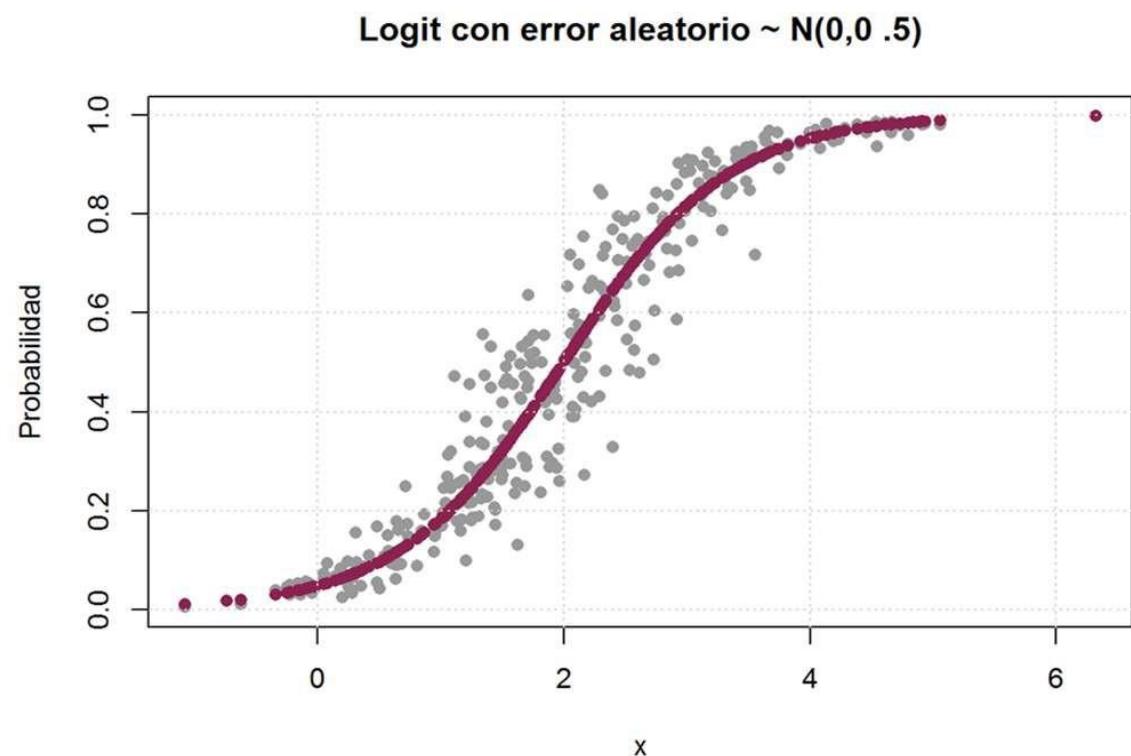
# OTROS TIPOS DE REGRESIÓN

## Regresión Logística

La regresión logística es un modelo estadístico para estudiar las relaciones entre un conjunto de variables cualitativas  $X_i$  y una variable cualitativa  $Y$ .

la variable dependiente ( $Y$ ) debe ser categórica, típicamente binaria (dicotómica)

Un modelo de regresión logística permite predecir la probabilidad de que ocurra un evento (valor de 1) o no (valor de 0) a partir de la optimización de los coeficientes de regresión.



# GRACIAS

Jorge Osio

[josio@unaj.edu.ar](mailto:josio@unaj.edu.ar)

<https://www.linkedin.com/in/jorgeosio/>