



## IV Programa de Investigadores Ambientales

Curso: De la idea a la publicación científica: investigación, escritura y análisis para comunicar ciencia ambiental

# MODELOS DE CALIDAD DEL AIRE BASADOS EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL DESARROLLADOS POR EL SENAMHI

**Hanns Kevin Gómez Muñoz**  
Analista Meteorológico

**Subdirección de Vigilancia y Evaluación del Ambiente Atmosférico**  
**Dirección de Meteorología y Evaluación Ambiental Atmosférica**

**Septiembre 2026**



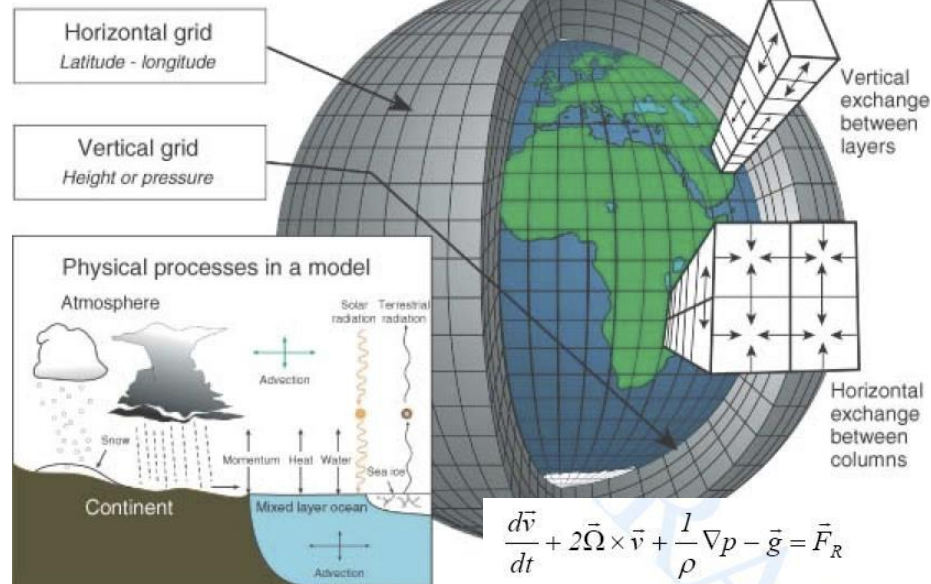
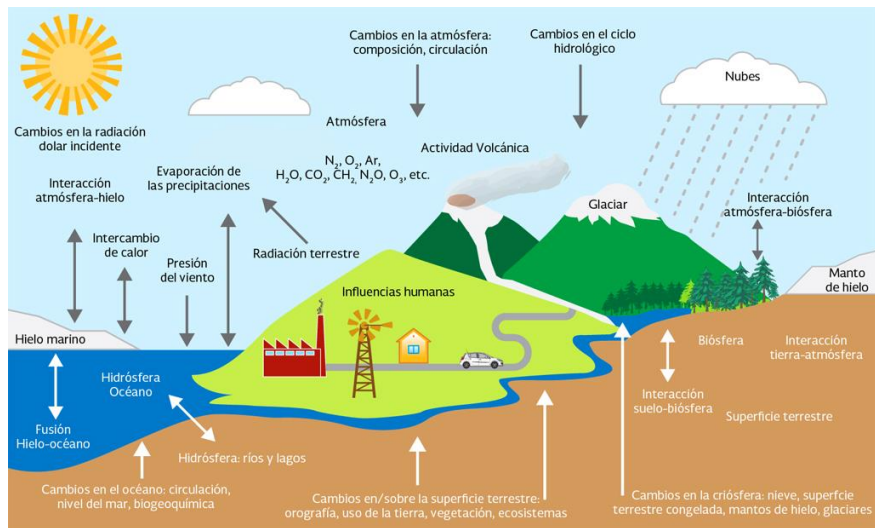
## Sumario

1. Conceptos
2. Tipos de modelos de calidad del aire
3. Inputs de modelos de calidad del aire
4. Fundamentos de una Red Neuronal Artificial



# SISTEMA CLIMÁTICO

## Discretización



$$\frac{d\vec{v}}{dt} + 2\vec{\Omega} \times \vec{v} + \frac{1}{\rho} \nabla p - \vec{g} = \vec{F}_R$$

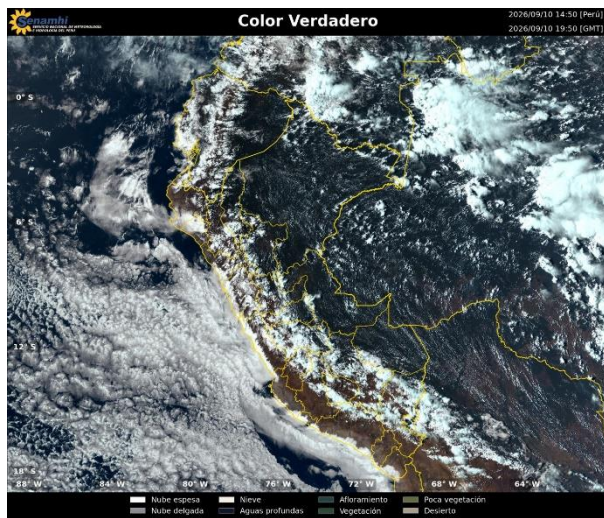
$$\frac{dq}{dt} = c_v \frac{dT}{dt} + p \frac{d(1/\rho)}{dt}$$

$$\frac{d\rho}{dt} + \rho \nabla \cdot \vec{v} = 0$$

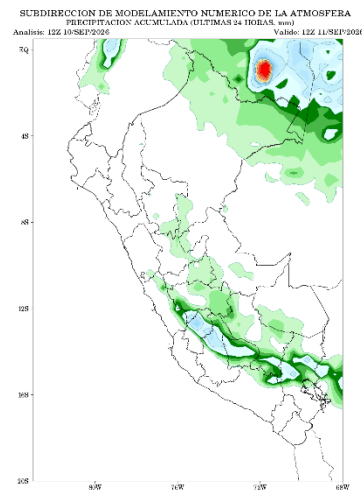
$$p = R\rho T$$

## Modelo:

Una simplificación de la realidad que se construye para obtener conocimientos sobre determinados atributos de un sistema físico, biológico, económico o social (**US-EPA, 2009a**).



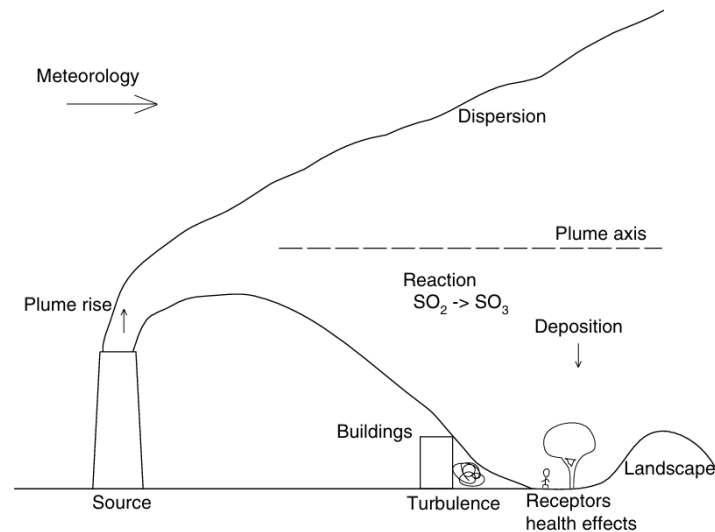
REALIDAD



MODELO



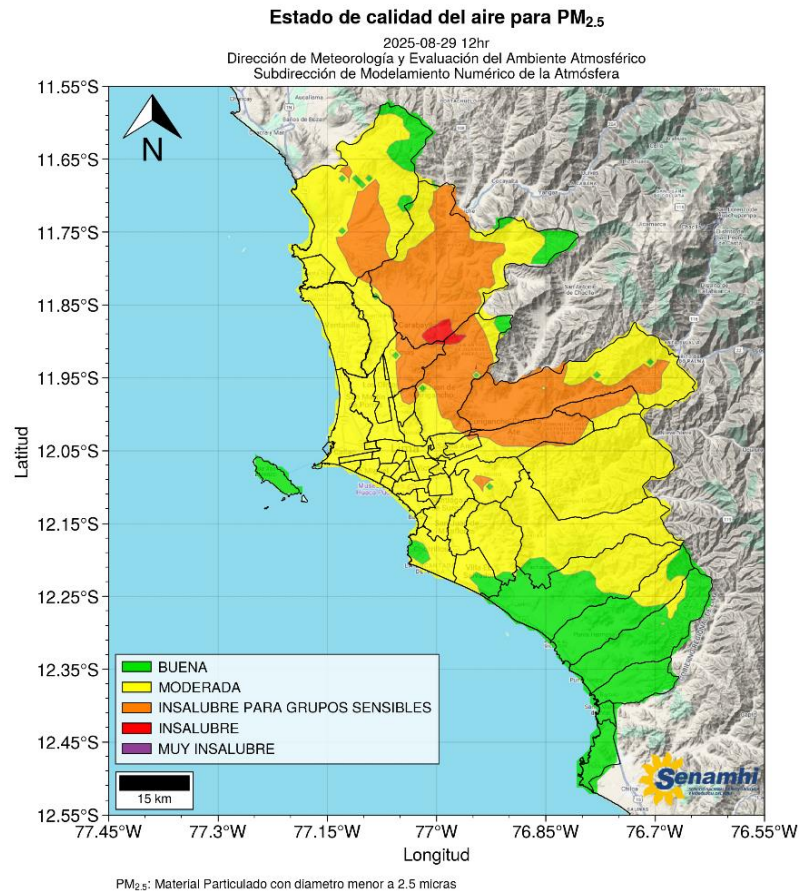
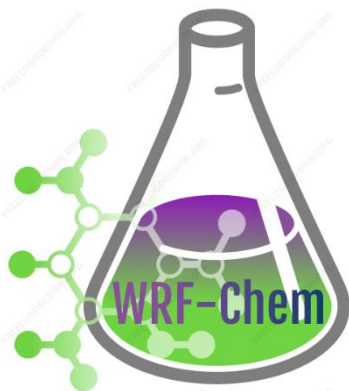
**REALIDAD**



**MODELO**

## Simulación:

Una simulación es la aplicación práctica de un modelo, donde dicho modelo (que es una simplificación de la realidad) se utiliza para imitar el comportamiento de un sistema bajo ciertas condiciones.





## Sumario

1. Conceptos
2. Tipos de modelos de calidad del aire
3. Inputs de modelos de calidad del aire
4. Fundamentos de una Red Neuronal Artificial



## Modelos de Calidad del Aire

Físicos

Estocásticos

Determinísticos

Híbridos

CDF (Dinámica de Fluidos Computacional) - **OpenFOAM**

Random Forest

Redes Neuronales Artificiales

Dinámicos

Estacionarios

Derterministico + Deep Learning - **WRF-CHEM + ANN**

Box Models - **BOXMOX**

Eulerianos - **CMAQ**

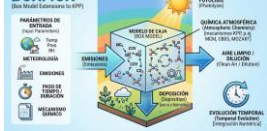
Puff - **CALPUFF**

Modelos Lagrangianos - **Hysplit**

Espectral - **MOCAPE**

Pluma Gaussiana - **AERMOD**

**BOXMOX**



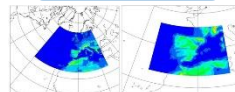
**SISTEMA DE MODELADO EULERIANO INTEGRADO**



**SISTEMA DE MODELADO DE PUFF SIMPLIFICADO: CALPUFF**



**VISION GENERAL DEL PROCESO**





## Sumario

1. Conceptos
2. Tipos de modelos de calidad del aire
3. Inputs de modelos de calidad del aire
4. Fundamentos de una Red Neuronal Artificial



## Inputs de modelos determinísticos

1



• Variables Meteorológicas

2



• Topografía  
• Uso de suelos

3



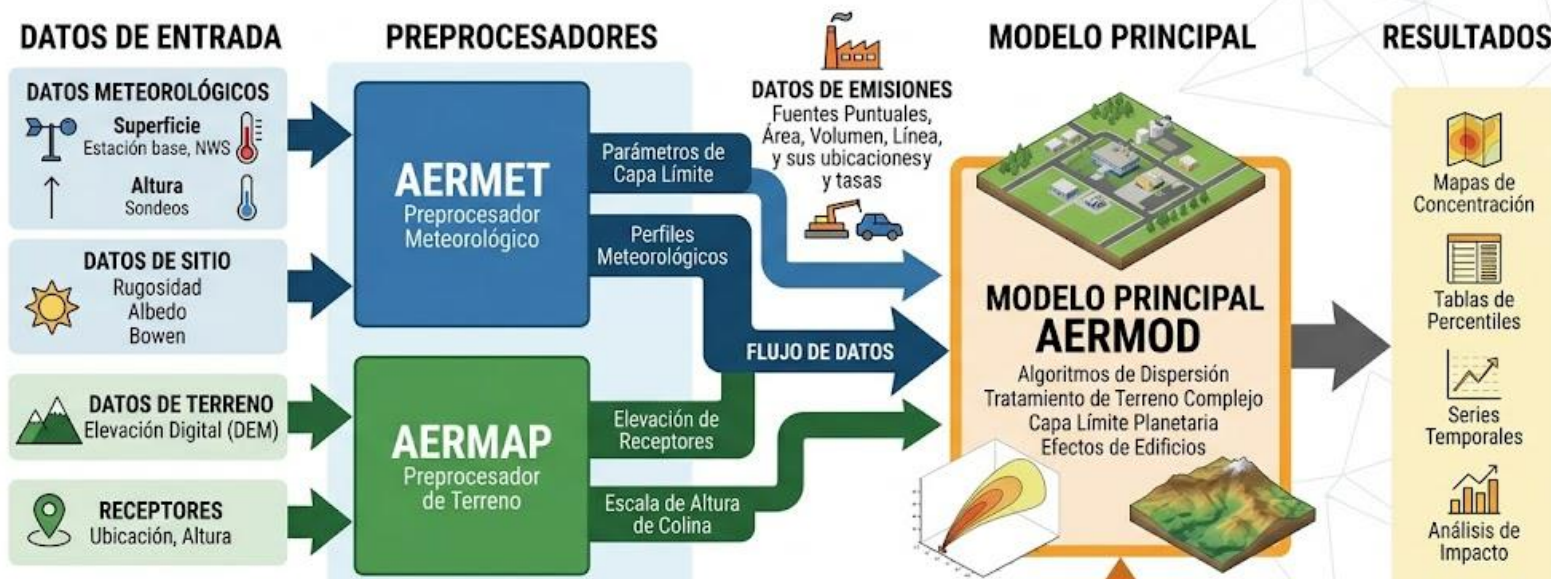
• Fuente de emisión



## Inputs de modelos determinísticos

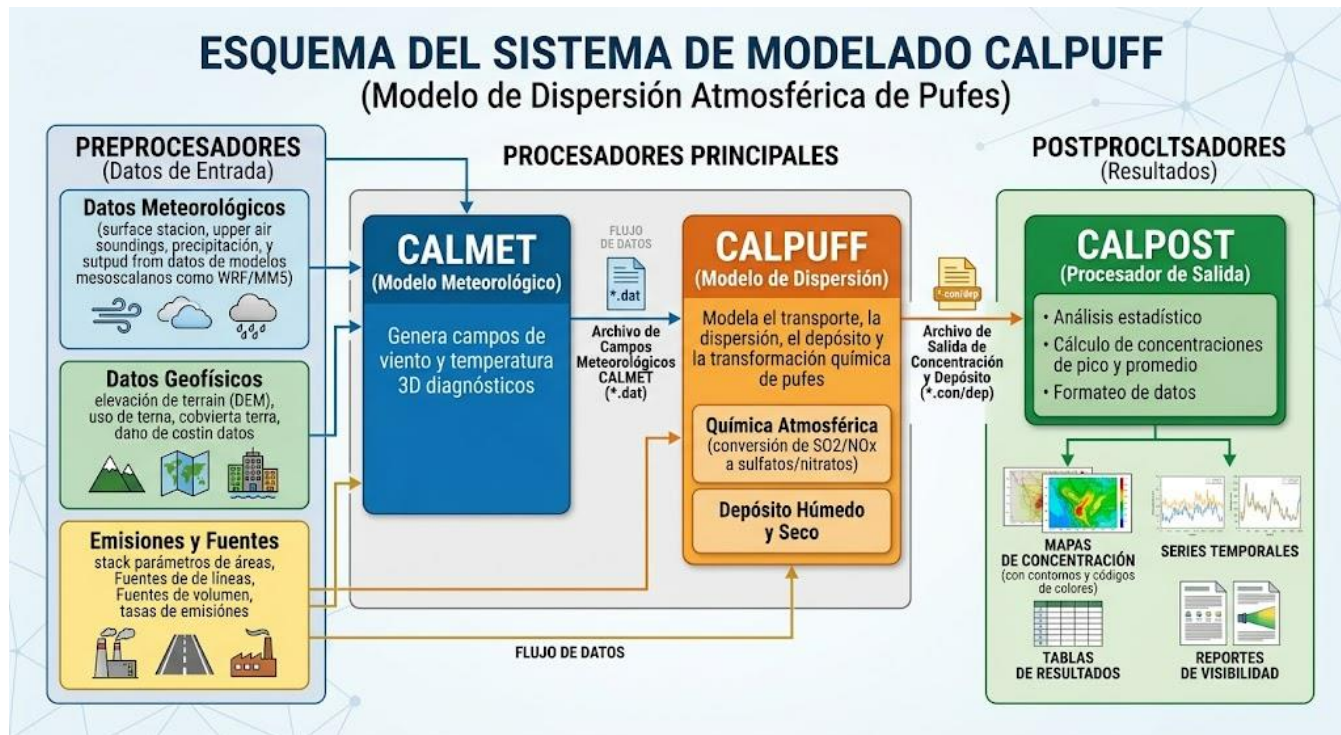
### ESQUEMA DEL SISTEMA DE MODELADO AERMOD

Modelo de Dispersión Atmosférica de Pluma Gaussiana



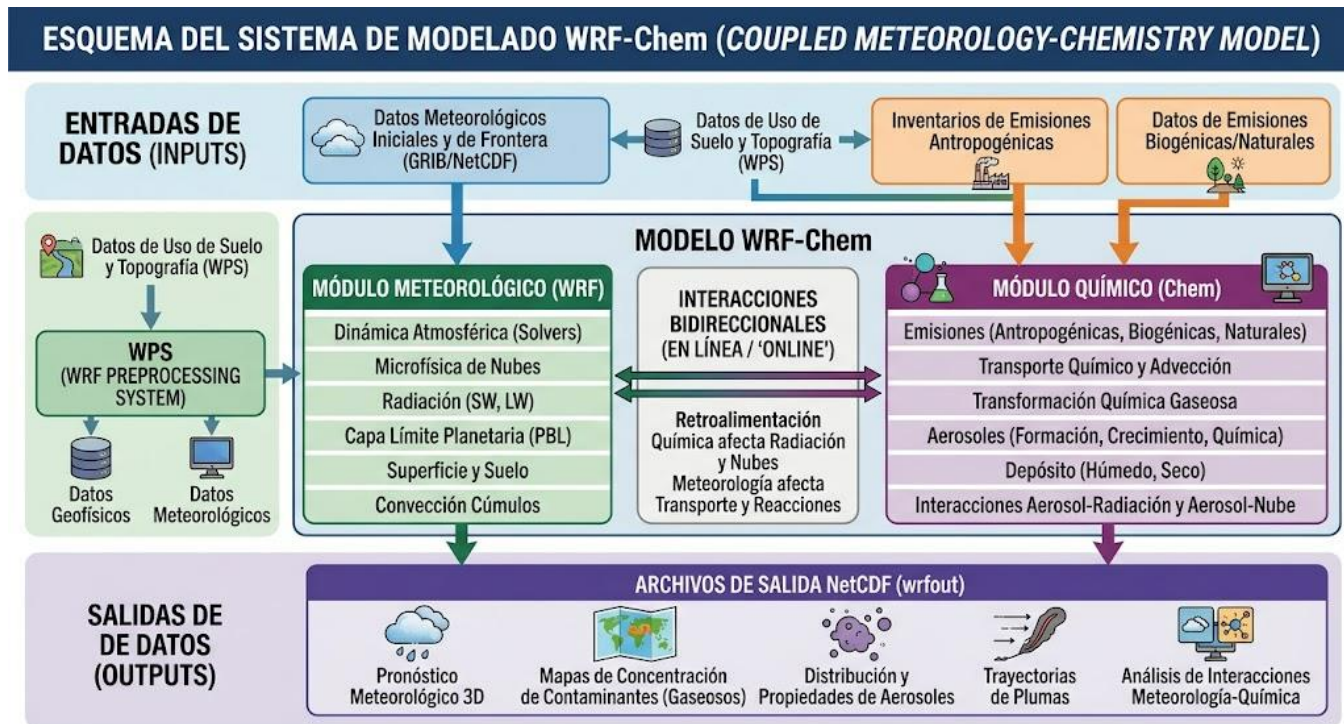
AERMOD

# Inputs de modelos determinísticos



CALPUFF

# Inputs de modelos determinísticos



**WRF-CHEM**

## Inputs de modelos estocásticos: Redes Neuronales Artificiales



**BIG DATA**

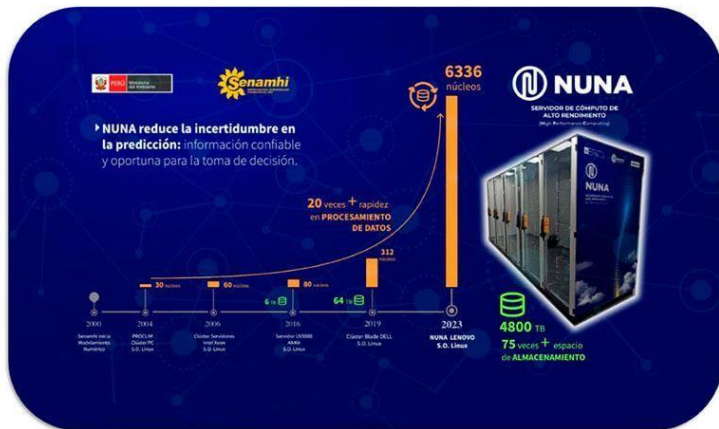


**DATA  
MINING**

## Recursos

### Determinísticos

- Recurso computacional



### Estocásticos



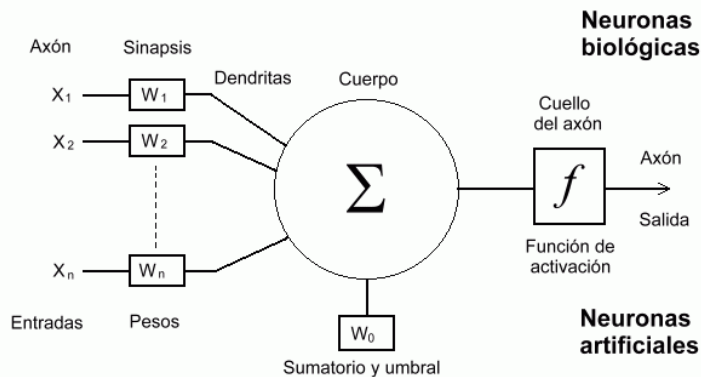


## Sumario

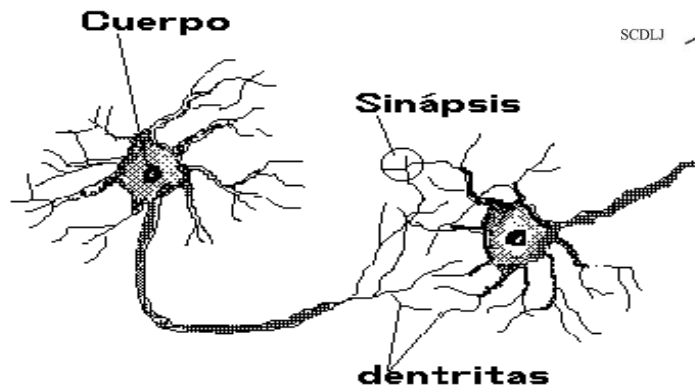
1. Conceptos
2. Tipos de modelos de calidad del aire
3. Inputs de modelos de calidad del aire
4. Fundamentos de una Red Neuronal Artificial



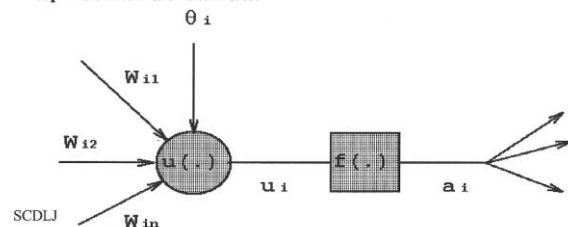
# FUNDAMENTOS DE UNA RED NEURONAL ARTIFICIAL



$$Y = f(w_0 + \sum_{i=1}^n w_i x_i)$$



- $W_{in}$  - pesos de la red
- $u(.)$  - sumatoria de las señales de entrada ponderadas.  $u_i$  - valor o estado de activación
- $f(.)$  - función de salida que transforma el edo. Actual de activación en una señal de salida.
- $a_i$  - señal de salida.



4

El primer modelo matemático de una neurona artificial, creado con el fin de llevar a cabo tareas simples, fue presentado en el año 1943 en un trabajo conjunto entre el psiquiatra y neuroanatomista **Warren McCulloch** y el matemático **Walter Pitts**

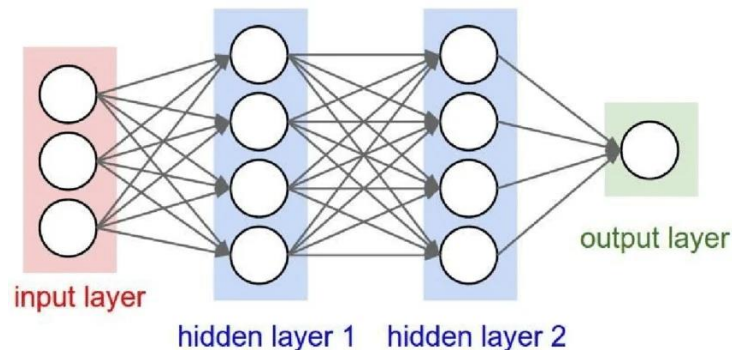
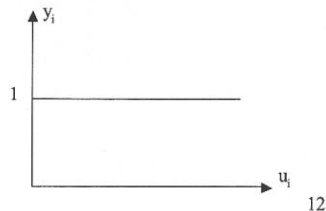
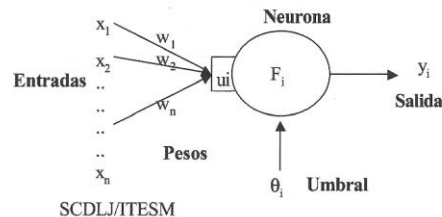
# FUNDAMENTOS DE UNA RED NEURONAL ARTIFICIAL

## El Perceptrón Lineal

- Rosenblatt - 1958.
- Estructura básica:

$$y(t) = f\left(\sum_{j=1}^n w_{ij}x_j + \theta\right)$$

- donde  $f(u_i)$  es la función de transferencia escalón



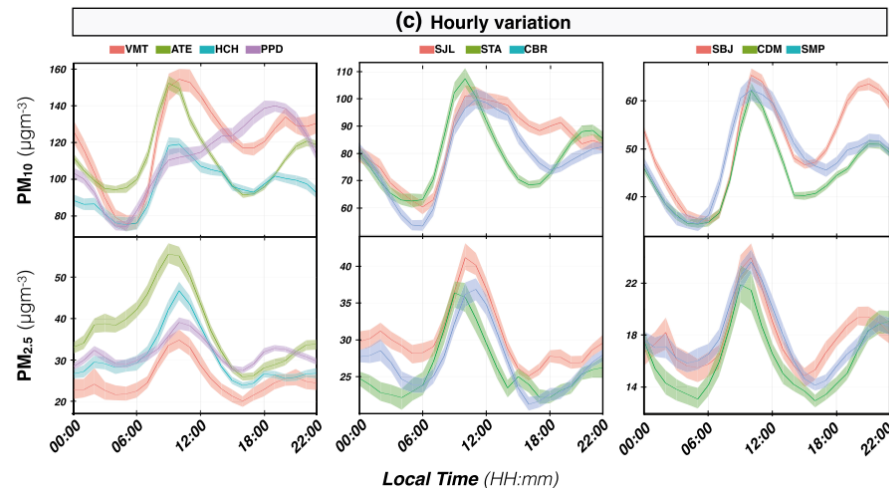
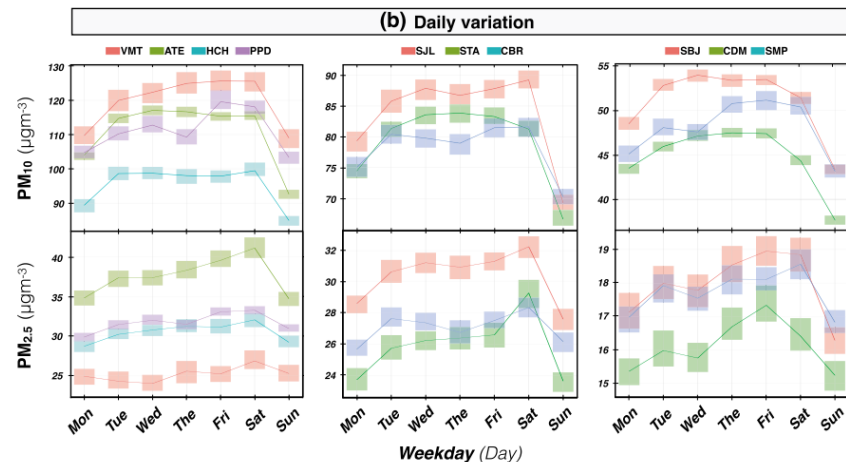
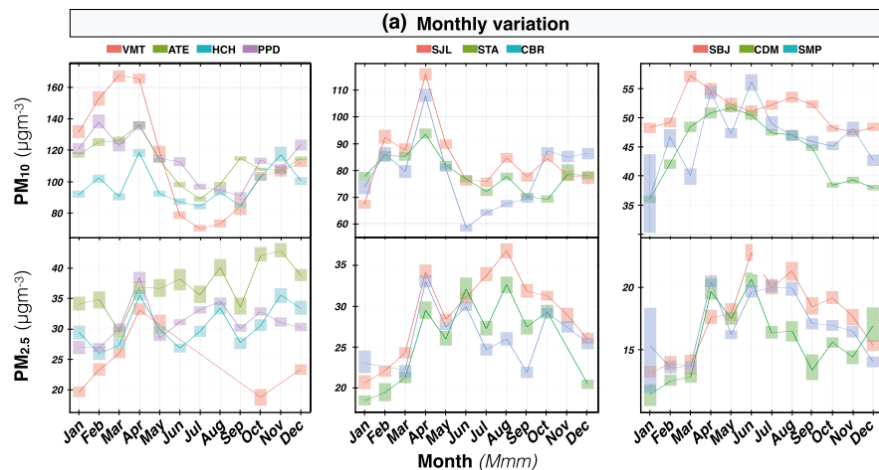
PERCEPTRÓN MULTICAPA



## Particulate matter levels in a South American megacity: the metropolitan area of Lima-Callao, Peru

Jose Silva · Jhojan Rojas · Magdalena Norabuena ·  
Carolina Molina · Richard A. Toro ·  
Manuel A. Leiva-Guzmán 

Received: 5 June 2017 / Accepted: 24 October 2017  
© Springer International Publishing AG 2017



# PROCESO DE MODELAMIENTO

Esquema

DATOS DE UNA ESTACIÓN DE CALIDA  
DEL AIRE

| DATE | PM <sub>10</sub> | PM <sub>2.5</sub> | T | H | WS | WD |
|------|------------------|-------------------|---|---|----|----|
|      |                  |                   |   |   |    |    |
|      |                  |                   |   |   |    |    |
|      |                  |                   |   |   |    |    |

ALGORITMO

AJUSTE DEL  
MODELO

MODELO

GENERALIZACIÓN  
DEL MODELO

PM<sub>10</sub>

EVALUACIÓN  
DEL MODELO

VALID  
(15%)

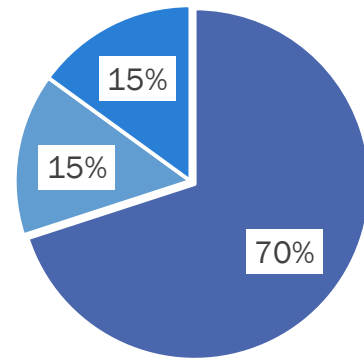
TRAIN (70%)

| DATE | PM <sub>10</sub> | PM <sub>2.5</sub> | T | H | WS | WD |
|------|------------------|-------------------|---|---|----|----|
|      |                  |                   |   |   |    |    |
|      |                  |                   |   |   |    |    |
|      |                  |                   |   |   |    |    |

TEST  
(15%)

| DATE | PM <sub>10</sub> | PM <sub>2.5</sub> | T | H | WS | WD |
|------|------------------|-------------------|---|---|----|----|
|      |                  |                   |   |   |    |    |
|      |                  |                   |   |   |    |    |
|      |                  |                   |   |   |    |    |

DATOS  
NUEVO

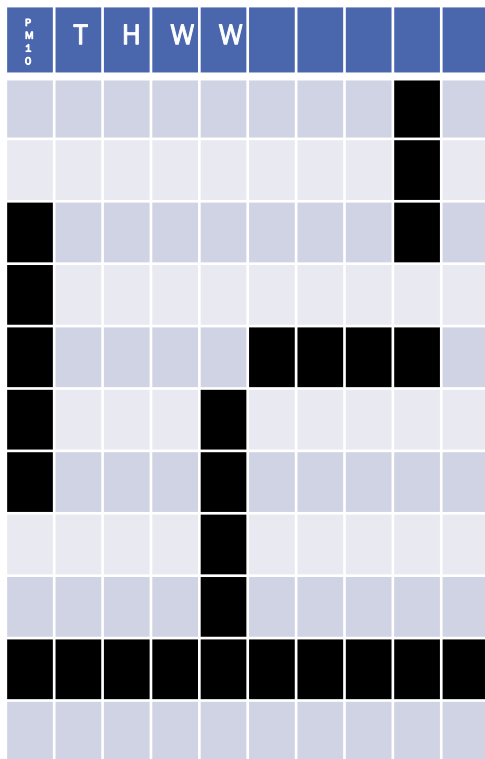


- Entrenamiento (Train)
- Evaluación (Test)
- Validación

| DATE | PM <sub>10</sub> | PM <sub>2.5</sub> | T | H | WS | WD |
|------|------------------|-------------------|---|---|----|----|
|      |                  |                   |   |   |    |    |
|      |                  |                   |   |   |    |    |
|      |                  |                   |   |   |    |    |

# PROCESAMIENTO DE DATA

Data Real



1.

AED

(Análisis Exploratorio de Datos)

2.

Revisión de data faltante

3.

Limpieza de data

4.

Balanceo de data

5.

Estandarización



# EJEMPLOS DE APLICACIÓN

<https://github.com/Kevingm96/Redes-Neuronales>





PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

# GRACIAS



[hgomez@senamhi.gob.pe](mailto:hgomez@senamhi.gob.pe)