

# Python y Computación Científica para el Agro: De Datos Crudos a Decisiones Inteligentes

Desarrollo + ejemplos comentados + ejercicios

Curso de IA Aplicada al Agro

Enero 2026

## Índice general

<b>1 De Python básico a NumPy (el puente conceptual)</b>	<b>3</b>
1.1 Qué es un programa en Python (y qué significa “ejecutar”) . . . . .	3
1.2 Tipos de datos: números, texto y booleanos . . . . .	3
<b>2 Verificar y convertir tipos de datos en Python</b>	<b>4</b>
2.1 Tipos básicos: int, float, str . . . . .	4
2.2 Cómo saber de qué tipo es una variable . . . . .	4
2.3 Convertir entre tipos (casting) . . . . .	4
2.4 Ejemplo aplicado al agro . . . . .	5
<b>3 Control de flujo: decisiones y reglas</b>	<b>6</b>
3.1 Repetición: recorrer muchos datos . . . . .	6
3.2 Estructuras clave: listas y diccionarios . . . . .	6
<b>4 Funciones: empaquetar lógica reutilizable</b>	<b>7</b>
4.1 Errores y excepciones: fail fast en la práctica . . . . .	7
4.2 Archivos: leer texto y CSV sin librerías . . . . .	7
<b>5 Por qué NumPy: cuando el tamaño importa</b>	<b>8</b>
5.1 Máscaras booleanas: decisiones sobre mapas . . . . .	8
5.2 np.where: decidir por celda sin if por celda . . . . .	8
<b>6 Profundización: NumPy y su potencial</b>	<b>9</b>
6.1 El objeto central: ndarray (shape y dtype) . . . . .	9
6.2 Creación eficiente de arrays . . . . .	9
6.3 Indexing y slicing (leer sub-zonas del lote) . . . . .	9
<b>7 Vectorización con ufuncs: “sin for”</b>	<b>11</b>
7.1 Broadcasting: el superpoder . . . . .	11
7.2 Reducciones y el parámetro axis . . . . .	11
7.3 Máscaras booleanas (boolean indexing) . . . . .	12
7.4 np.where: decisiones vectorizadas . . . . .	12
<b>8 Visualización esencial con Matplotlib (desde NumPy)</b>	<b>13</b>
8.1 pyplot: la interfaz rápida . . . . .	13
8.2 Gráfico de línea (1D) . . . . .	13
8.3 Scatter (dispersión): detectar relación y outliers . . . . .	13
8.4 Heatmap (2D) con imshow + colorbar . . . . .	14

8.5 Guardar gráficos con savefig . . . . .	14
8.6 Ejercicios . . . . .	15
<b>9 Programación defensiva (Fail Fast)</b>	<b>18</b>
9.1 Por qué esto es ingeniería . . . . .	18
9.2 Programa 1: Validador con guard clauses (comentado) . . . . .	18
<b>10 CSV sucio → CSV limpio (sin pandas)</b>	<b>20</b>
10.1 Por qué sin pandas . . . . .	20
10.2 Programa 2: Generar un CSV sucio (comentado) . . . . .	20
10.3 Programa 3: Limpiar el CSV (comentado) . . . . .	20
<b>11 HPC con NumPy — benchmark (loop vs vectorización)</b>	<b>23</b>
11.1 Por qué medir . . . . .	23
11.2 Programa 4: Benchmark con time.perf_counter() (comentado) . . . . .	23
<b>12 Trabajar con Archivos .npy: El Formato Binario de NumPy</b>	<b>25</b>
12.1 ¿Qué es un archivo .npy? . . . . .	25
12.2 Comparación: CSV vs .npy . . . . .	25
12.3 Guardar y cargar arrays . . . . .	25
12.3.1 Guardar datos en .npy . . . . .	25
12.3.2 Cargar datos desde .npy . . . . .	26
12.4 Caso de uso: Sensor agrícola con 1 año de datos . . . . .	26
12.5 Comando rápido: Generar dataset de prueba . . . . .	26
12.6 Convertir .npy y .npz de vuelta a CSV . . . . .	26
12.6.1 Conversión básica con np.savetxt() . . . . .	27
12.6.2 Agregar nombres de columnas (header) . . . . .	27
12.6.3 Convertir archivos .npz (múltiples arrays) . . . . .	27
12.6.4 Script reusable de conversión . . . . .	28
12.7 Bonus: Guardar múltiples arrays en un solo archivo . . . . .	29
12.8 Cuando usar cada formato . . . . .	29
<b>13 Lógica espacial con matrices (máscaras + np.where)</b>	<b>30</b>
13.1 Programa 5: Mapa de lote + acciones con np.where (comentado) . . . . .	30
<b>14 Introducción a LaTeX: Documentos Profesionales en Ingeniería</b>	<b>32</b>
14.1 ¿Qué es LaTeX? . . . . .	32
14.2 LaTeX vs. Editores tradicionales . . . . .	32
14.3 ¿Por qué LaTeX en este curso? . . . . .	32
14.4 Tu primer documento LaTeX . . . . .	33
14.5 Compilación en Codespaces . . . . .	33
14.6 Ventajas para ingenieros de datos . . . . .	33

# 1 De Python básico a NumPy (el puente conceptual)

Este texto es una guía corta para que cualquier estudiante, incluso si apenas está empezando, entienda el **por qué** y el **para qué** de lo que vamos a construir en esta semana: validación de datos, limpieza de CSV, medición de rendimiento y procesamiento matricial con NumPy.

## Metas

Al finalizar deberías poder leer el resto del manual sin sentir que “aparecen cosas mágicas”. La idea es entender:

- Qué es un programa en Python y cómo se organiza.
- Cómo se toman decisiones (if/elif/else) y se repiten tareas (for).
- Por qué usamos funciones para empaquetar lógica.
- Cómo funcionan los errores y por qué los usamos (fail fast).
- Cómo leer archivos de texto/CSV de manera simple.
- Por qué NumPy cambia el juego en rendimiento (vectorización).
- Qué son máscaras booleanas y cómo np.where decide por celda.

## 1.1 Qué es un programa en Python (y qué significa “ejecutar”)

Un programa en Python es un archivo .py con instrucciones que la máquina ejecuta en orden. En este curso, casi todos los scripts siguen esta estructura:

Listing 1: Estructura típica de un script

```
1 def main():
2     # aquí va la lógica principal
3     print("Hola")
4
5 if __name__ == "__main__":
6     main()
```

**Idea clave:** main() concentra el flujo del programa y el bloque if \_\_name\_\_ == "\_\_main\_\_": hace que el script se ejecute solo cuando lo corres directamente.

## 1.2 Tipos de datos: números, texto y booleanos

Para trabajar con sensores y mediciones necesitamos entender tres tipos básicos:

- **Números:** int y float (ej. temperatura, humedad).
- **Texto:** str (ej. id del sensor, fecha).
- **Booleanos:** True/False (ej. “está en sequía?” sí/no).

Listing 2: Ejemplo mínimo de tipos

```
1 temp = 24.2          # float
2 hum = 55             # int
3 sensor_id = "SENSOR_01" # str
4 alarma = hum < 40    # bool
```

## 2 Verificar y convertir tipos de datos en Python

En programación científica es fundamental asegurarse de que cada variable tenga el **tipo de dato** correcto (entero, número real, texto, etc.), especialmente antes de hacer cálculos o comparaciones.

### 2.1 Tipos básicos: int, float, str

En Python, los tipos más usados en este curso son:

- int: números enteros, por ejemplo 3, -10, 42.
- float: números reales (con decimales), por ejemplo 3.14, -0.5, 25.0.
- str: cadenas de texto, por ejemplo "Café", "Zona Norte", "25.0".

### 2.2 Cómo saber de qué tipo es una variable

Python permite inspeccionar el tipo de una variable con la función `type()`:

Listing 3: Inspección de tipos de variables

```
1 temperatura = 25.0
2 parcela_id = "P001"
3 cantidad_sacos = 30
4
5 print(type(temperatura)) # <class 'float'>
6 print(type(parcela_id)) # <class 'str'>
7 print(type(cantidad_sacos)) # <class 'int'>
```

Esto es útil para depurar errores cuando una operación no funciona como se esperaba.

### 2.3 Convertir entre tipos (casting)

Muchas veces los datos llegan como texto (str) desde un archivo CSV o desde la entrada del usuario, y es necesario convertirlos a número antes de operar.

Listing 4: Conversión de tipos

```
1 valor_bruto = "28.5" # Esto es texto, no un número
2
3 temperatura = float(valor_bruto) # str -> float
4 sacos_str = "30"
5 sacos = int(sacos_str) # str -> int
6
7 print(temperatura + 1.5) # 30.0
8 print(sacos + 5) # 35
```

Conversión típica en este curso:

- str a int: `int("42")`.
- str a float: `float("3.14")`.
- Cualquier tipo a str: `str(25.0)`.

## 2.4 Ejemplo aplicado al agro

Al leer un CSV con mediciones de parcelas, todas las columnas llegan como texto. Antes de tomar decisiones agronómicas, se convierten al tipo correcto:

Listing 5: Asegurar tipos correctos desde CSV

```
1  fila = {  
2      "parcela_id": "P010",  
3      "temperatura_c": "29.7",  
4      "humedad_suelo_pct": "38",  
5      "ph": "5.4"  
6  }  
7  
8  parcela_id = fila["parcela_id"]           # str  
9  temperatura = float(fila["temperatura_c"]) # str -> float  
10 humedad = int(fila["humedad_suelo_pct"])   # str -> int  
11 ph = float(fila["ph"])                     # str -> float  
12  
13 print(type(parcela_id)) # <class 'str'>  
14 print(type(temperatura)) # <class 'float'>  
15 print(type(humedad))    # <class 'int'>  
16 print(type(ph))         # <class 'float'>
```

Si se omite esta conversión, las comparaciones como `temperatura > 30` o `humedad < 40` pueden fallar o producir resultados incorrectos.

### 3 Control de flujo: decisiones y reglas

Las reglas agronómicas se expresan como condiciones:

Listing 6: Decisión simple con if/elif/else

```
1 if hum < 40:
2     print("Riego")
3 elif hum > 80:
4     print("Drenaje")
5 else:
6     print("Normal")
```

**Puente al manual:** más adelante no aplicaremos estas reglas a un solo valor, sino a una matriz completa con NumPy.

#### 3.1 Repetición: recorrer muchos datos

Cuando hay múltiples sensores o múltiples filas en un archivo, repetimos acciones:

Listing 7: Recorrer una lista con for

```
1 humedades = [55, 60, 38, 92]
2 for h in humedades:
3     if h < 40:
4         print("Riego")
```

**Puente al manual:** recorrer 1,000,000 valores con un for es posible, pero lento; por eso aparece NumPy.

#### 3.2 Estructuras clave: listas y diccionarios

En IA aplicada al agro se usan mucho:

- **Listas:** colecciones ordenadas (series de mediciones).
- **Diccionarios:** registros con campos (una fila de sensor con columnas).

Listing 8: Registro tipo diccionario (una fila de sensor)

```
1 row = {"id": "SENSOR_01", "temp": 24.2, "hum": 55}
```

**Puente al manual:** el validador fail-fast trabaja sobre diccionarios así.

## 4 Funciones: empaquetar lógica reutilizable

Cuando una regla se repite, se convierte en función:

Listing 9: Función simple reutilizable

```
1 def necesita_riego(hum):
2     return hum < 40
3
4 print(necesita_riego(35)) # True
```

**Puente al manual:** `validar_sensor_row(row)` es una función que formaliza una política de calidad de datos.

### 4.1 Errores y excepciones: fail fast en la práctica

En ingeniería, a veces la respuesta correcta es **parar**.

Listing 10: Excepciones con try/except

```
1 def dividir(a, b):
2     if b == 0:
3         raise ValueError("No se puede dividir por cero")
4     return a / b
5
6 try:
7     print(dividir(10, 0))
8 except ValueError as e:
9     print("Error:", e)
```

**Puente al manual:** cuando una fila del CSV está corrupta o fuera de rango, la descartamos y registramos el motivo; eso evita contaminar resultados.

### 4.2 Archivos: leer texto y CSV sin librerías

Un CSV es texto con comas. Podemos procesarlo línea por línea:

Listing 11: Lectura mínima de un CSV (sin pandas)

```
1 with open("sensores.csv", "r", encoding="utf-8") as f:
2     header = f.readline() # primera línea: nombres de columnas
3     for linea in f:
4         partes = linea.strip().split(",")
5         # aquí validas y conviertes tipos
```

**Puente al manual:** ese patrón es la base de la limpieza del CSV sucio y la escritura del CSV limpio.

## 5 Por qué NumPy: cuando el tamaño importa

Python es excelente para lógica, pero un `for` ejecuta iteración por iteración en el intérprete. NumPy permite operar con arreglos completos de números de forma eficiente (operaciones implementadas en bajo nivel).

### Idea

En el manual medimos esto con un benchmark:

- versión lenta: bucle `for`
- versión rápida: `np.sin(x) + np.cos(x)`

### 5.1 Máscaras booleanas: decisiones sobre mapas

Una máscara booleana es una matriz de `True/False` que marca posiciones de interés:

Listing 12: Máscara booleana en matriz

```
1 import numpy as np
2 humedad = np.random.rand(5, 5)
3 sequia = humedad < 0.2 # matriz booleana del mismo tamaño
```

Esto permite seleccionar/contar/actuar sobre celdas sin iterar manualmente.

### 5.2 `np.where`: decidir por celda sin `if` por celda

`np.where(condicion, valor_si_true, valor_si_false)` construye una salida celda-a-celda.

Listing 13: `np.where` como motor de decisiones

```
1 acciones = np.where(humedad < 0.2, "R", ".") # "R" regar, "." normal
```

**Puente al manual:** esto es el núcleo del “motor de decisión hídrica” sobre mapas.



## 6 Profundización: NumPy y su potencial

Esta sección amplía NumPy más allá de “hacer matrices”: el objetivo es dominar las ideas que hacen a NumPy la base de casi todo en ciencia de datos y ML: **arrays, formas (shape), tipos (dtype), operaciones vectorizadas (ufuncs), broadcasting y máscaras**.

### 6.1 El objeto central: ndarray (shape y dtype)

Un ndarray es un arreglo multidimensional homogéneo: todos los elementos tienen el mismo tipo numérico (dtype). Dos propiedades mandan:

- **shape**: cuántas filas/columnas (o dimensiones) tiene.
- **dtype**: tipo de dato (float64, int32, etc.).

Listing 14: Crear arrays y observar shape/dtype

```
1 import numpy as np
2
3 a = np.array([1, 2, 3])          # 1D
4 b = np.array([[1.0, 2.0], [3.0, 4.0]]) # 2D
5
6 print(a.shape, a.dtype)
7 print(b.shape, b.dtype)
```

#### Idea práctica

shape te dice el “tamaño geométrico” de tus datos; dtype te dice el “costo” en memoria y qué operaciones son posibles.

### 6.2 Creación eficiente de arrays

Algunas formas típicas de crear datos:

- np.zeros, np.ones: inicialización rápida.
- np.arange, np.linspace: secuencias numéricas.
- np.random.rand: simulación/ruido (para pruebas).

Listing 15: Creación rápida de matrices

```
1 import numpy as np
2
3 Z = np.zeros((3, 4))          # matriz 3x4 llena de 0
4 O = np.ones((2, 2))          # matriz 2x2 llena de 1
5 x = np.arange(0, 10)          # [0..9]
6 t = np.linspace(0, 1, 5)      # 5 puntos entre 0 y 1
```

### 6.3 Indexing y slicing (leer sub-zonas del lote)

Piensa una matriz como un mapa del lote: puedes seleccionar sub-regiones con slicing.

Listing 16: Slicing en 2D: sub-zona del mapa

```
1 import numpy as np
2
3 humedad = np.random.rand(100, 100)
4
5 zona_centro = humedad[40:60, 40:60] # 20x20
6 primera_fila = humedad[0, :] # 100 valores
7 primera_col = humedad[:, 0] # 100 valores
```

**Error común**

En NumPy, el orden es [filas, columnas].

## 7 Vectorización con ufuncs: “sin for”

Las operaciones element-wise (por elemento) se aplican a todo el array:

Listing 17: Ufuncs: operaciones vectorizadas

```
1 import numpy as np
2
3 x = np.random.rand(5)
4 y = np.sin(x) + np.cos(x) # aplica a todo el vector
```

### Conexión con HPC

Esto es la base del benchmark del manual: mover el trabajo del intérprete (loop Python) a operaciones vectorizadas.

### 7.1 Broadcasting: el superpoder

Broadcasting describe cómo NumPy trata arreglos de diferentes shapes en operaciones aritméticas; el arreglo pequeño se “expande” lógicamente para ser compatible, evitando bucles explícitos y usualmente sin copias innecesarias.

Listing 18: Broadcasting: sumar vector a cada fila

```
1 import numpy as np
2
3 A = np.random.rand(3, 4) # 3x4
4 b = np.array([10, 20, 30, 40]) # (4,)
5
6 # b se aplica a cada fila de A por broadcasting
7 C = A + b
```

### Ejercicio (medio): fertilización por franjas

Simula un lote A de 100x100 y un vector b de 100 valores (fertilización por columna). Usa broadcasting para obtener el lote ajustado A+b.

### 7.2 Reducciones y el parámetro axis

Reducciones como sum, mean, max colapsan dimensiones. El argumento axis indica sobre qué eje reduces.

Listing 19: Reducciones por eje

```
1 import numpy as np
2
3 M = np.random.rand(3, 4)
4
5 total = M.sum() # escalar: suma todo
6 por_fila = M.mean(axis=1) # (3,) promedio por fila
7 por_col = M.mean(axis=0) # (4,) promedio por columna
```

### Lectura rápida

axis=0 suele significar “colapsar filas” (resultado por columna). axis=1 suele significar “colapsar columnas” (resultado por fila).

### 7.3 Máscaras booleanas (boolean indexing)

Una condición sobre un array produce un array booleano (True/False) del mismo shape, que puede usarse para seleccionar elementos.

Listing 20: Máscara + conteo de celdas en sequía

```
1 import numpy as np
2
3 humedad = np.random.rand(100, 100)
4 sequia = humedad < 0.2
5
6 area_sequia = np.sum(sequia) # cuenta True
```

### 7.4 np.where: decisiones vectorizadas

np.where permite asignar valores en función de una condición, por celda, sin iterar manualmente.

Listing 21: Mapa de acciones con np.where

```
1 import numpy as np
2
3 humedad = np.random.rand(10, 10)
4 acciones = np.where(humedad < 0.2, "R", ".") # R=regar, .=normal
```

#### Ejercicio (difícil): política de riego y drenaje

Crea acciones con 3 clases:

- "R" si humedad < 0.2
- "D" si humedad > 0.85
- "." en otro caso

y calcula los porcentajes de cada clase usando máscaras.

## 8 Visualización esencial con Matplotlib (desde NumPy)

La visualización es parte del flujo científico: permite validar datos, detectar outliers y comunicar resultados. Como ya estamos usando NumPy (np), el siguiente paso natural es graficar con Matplotlib a través de matplotlib.pyplot.

### Objetivo

Aprender lo mínimo indispensable para:

- Graficar series 1D (líneas).
- Comparar mediciones (scatter/barras).
- Visualizar una matriz 2D (heatmap con imshow).
- Guardar gráficos en reports/ con savefig.

### 8.1 pyplot: la interfaz rápida

El flujo típico con pyplot es: crear gráfico, etiquetar, y guardar/mostrar.

### 8.2 Gráfico de línea (1D)

Listing 22: Línea: serie 1D con etiquetas y leyenda

```
1 import numpy as np # importa la libreria numpy, con alias np
2 import matplotlib.pyplot as plt # importa la libreria matplotlib con su sublibrería pyplot y
  alias plt
3
4 # Simulación: 24 mediciones de humedad (una por hora)
5 # Evalúa la función en una línea que está en el intervalo [0,2pi)
6 # Con 24 puntos, no se incluye el extremo derecho
7
8 hum = 40 + 10*np.sin(np.linspace(0, 2*np.pi, 24))
9
10
11 plt.plot(hum, label="Humedad (%)") # Grafica la curva
12 plt.title("Humedad por hora")      # Título
13 plt.xlabel("Hora")                 # Nombre del eje x
14 plt.ylabel("Humedad (%)")         # Nombre del eje y
15 plt.legend("Np") # leyenda
16 plt.show()                        # Muestra la gráfica
```

El gráfico se puede apreciar en la figura 8.2

### 8.3 Scatter (dispersión): detectar relación y outliers

Diagrama de dispersión generado por Scatter de python, ver figura 2

Listing 23: Scatter: temperatura vs humedad

```
1 import numpy as np
2 import matplotlib.pyplot as plt
3
4 np.random.seed(7) # Utiliza una semilla, para que los datos no cambien
5 temp = 20 + 10*np.random.rand(100) # Genera una serie aleatoria de temperaturas
6 hum = 30 + 40*np.random.rand(100) # Genera una serie aleatoria de humedades
7
8 plt.scatter(temp, hum, s=18) # Utiliza el tipo de gráfica scatter
```

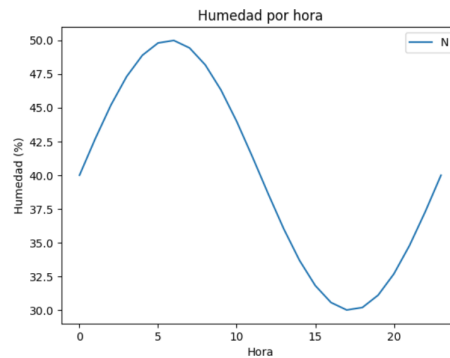


Figura 1: Gráfica generada con los comandos de python

```

9 plt.title("Relación temperatura vs humedad")
10 plt.xlabel("Temperatura (C)")
11 plt.ylabel("Humedad (%)")
12 plt.show()

```

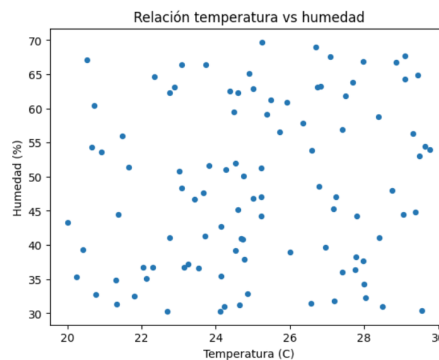


Figura 2: Diagrama de dispersión, generada con numpy

## 8.4 Heatmap (2D) con imshow + colorbar

Para una matriz (por ejemplo, mapa de humedad), `imshow` la dibuja como imagen y `colorbar` añade la escala de colores.

Listing 24: Heatmap: humedad 2D con colorbar

```

1 import numpy as np
2 import matplotlib.pyplot as plt
3
4 humedad = np.random.rand(50, 50) # Genera una matriz de valores aleatorios
5
6 plt.imshow(humedad, cmap="viridis", interpolation="nearest") # Muestra el mapa de calor
7 plt.colorbar() # Colorea
8 plt.title("Mapa de humedad (50x50)")
9 plt.show()

```

Se puede apreciar el mapa de calor en la figura 3

## 8.5 Guardar gráficos con savefig

Para incluir resultados en el reporte, lo ideal es guardar figuras en archivos (por ejemplo PNG) usando `savefig`.

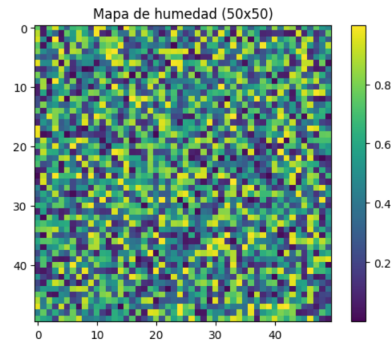


Figura 3: Mapa de calor con numpy

Listing 25: Guardar figura a mapa\_humedad.png

```
1 import os # Importa comandos del sistema
2 import numpy as np
3 import matplotlib.pyplot as plt
4
5 os.makedirs("reports", exist_ok=True) # Verifica que exista la carpeta reports
6
7 humedad = np.random.rand(50, 50)
8
9 plt.imshow(humedad, cmap="viridis", interpolation="nearest")
10 plt.colorbar()
11 plt.title("Mapa de humedad (50x50)")
12
13 plt.savefig("reports/mapa_humedad.png", dpi=150, bbox_inches="tight") # Guarda la figura con
    el nombre mapa_humedad.png en la carpeta reports
```

**Tip práctico**

Si vas a usar `plt.show()`, guarda antes con `plt.savefig(...)` para evitar perder la figura en algunos flujos de ejecución.

**8.6 Ejercicios****Ejercicio (básico): dos parcelas**

Grafica dos series (dos parcelas) en la misma figura usando `label=` y `plt.legend()`.

**Ejercicio (medio): mapa de sequía**

Dada una matriz `humedad`, crea `sequia = humedad < 0.2` y grafica esa máscara con `imshow`.

**Ejercicio (difícil): diagnóstico 2x2**

Construye una figura con 4 subgráficos:

- mapa de humedad,
- máscara de sequía,
- máscara de inundación,
- mapa de acciones (convertido a números).

Guárdala como `reports/diagnostico.png`.



## Prefacio: de scripts a sistemas que escalan

Vamos a profesionalizar el código: validar datos, medir rendimiento y usar NumPy para operar por bloques.

### Definition of Done (DoD)

Al terminar, debes tener:

- Un validador *fail fast* para registros de sensores.
- Un pipeline CSV sucio → CSV limpio (sin pandas).
- Un benchmark reproducible con `time.perf_counter()` (loop vs vectorizado).
- Un mapa de lote (matriz) con máscaras booleanas y `np.where`.
- Un reporte en  $\text{\LaTeX}$  (manual en Semana 2).

## 9 Programación defensiva (Fail Fast)

### 9.1 Por qué esto es ingeniería

Un sensor puede fallar. Un archivo puede venir mal. Un dato puede ser imposible. Si el sistema no valida, el error se propaga.

#### Regla

Valida temprano, falla claro y registra qué descartaste.

### 9.2 Programa 1: Validador con guard clauses (comentado)

Listing 26: Programa 1: Validación fail fast con guard clauses

```
1  # Programa 1:
2  # Este script enseña a validar datos antes de procesarlos.
3  # La idea es que el sistema "falle rápido" (fail fast) con mensajes claros,
4  # en lugar de continuar con datos inválidos y generar resultados incorrectos.
5
6  from __future__ import annotations
7
8
9  def validar_sensor_row(row: dict) -> dict:
10     """
11     Recibe un registro tipo dict y lo valida.
12     Si algo está mal: lanza ValueError (falla rápido).
13     Si todo está bien: devuelve un dict limpio/normalizado.
14
15     Formato esperado:
16     {"id": "SENSOR_01", "temp": 24.2, "hum": 55}
17     """
18
19     # 1) Validar existencia y calidad del ID
20     # Guard clause: si no hay id, no seguimos.
21     if "id" not in row or not str(row["id"]).strip():
22         raise ValueError("Falta 'id' o está vacío.")
23
24     # Normalización: quitar espacios y usar mayúsculas
25     sensor_id = str(row["id"]).strip().upper()
26
27     # 2) Validar temperatura
28     # Guard clause: debe existir la llave
29     if "temp" not in row:
30         raise ValueError("Falta 'temp' (temperatura).")
31
32     # Guard clause: debe ser numérica
33     if not isinstance(row["temp"], (int, float)):
34         raise ValueError("'temp' debe ser numérica (int/float).")
35
36     temp = float(row["temp"])
37
38     # Guard clause: rango razonable para sensores agrícolas
39     if temp < -10 or temp > 60:
40         raise ValueError("'temp' fuera de rango [-10, 60].")
41
42     # 3) Validar humedad
43     if "hum" not in row:
44         raise ValueError("Falta 'hum' (humedad).")
45
46     if not isinstance(row["hum"], (int, float)):
```

```

47     raise ValueError("'hum' debe ser numérica (int/float).")
48
49     hum = float(row["hum"])
50
51     if hum < 0 or hum > 100:
52         raise ValueError("'hum' fuera de rango [0, 100].")
53
54     # Si llegamos aquí: el registro es válido.
55     # Devolvemos una versión limpia.
56     return {"id": sensor_id, "temp": temp, "hum": hum}
57
58
59 def main() -> None:
60     # Dataset simulado: incluye registros válidos e inválidos a propósito.
61     datos = [
62         {"id": "sensor_01", "temp": 24.2, "hum": 55}, # válido
63         {"id": "SENSOR_02", "temp": 25.1, "hum": 56}, # válido
64         {"id": "SENSOR_XX", "temp": 999, "hum": 10},   # inválido (temp)
65         {"id": "", "temp": 23.0, "hum": 50},          # inválido (id)
66         {"id": "SENSOR_03", "temp": "N/A", "hum": 40}, # inválido (tipo temp)
67     ]
68
69     validos = 0
70     motivos = {}
71
72     # Recorremos el dataset, validamos y contamos errores por motivo.
73     for row in datos:
74         try:
75             _ = validar_sensor_row(row)
76             validos += 1
77         except ValueError as e:
78             motivo = str(e)
79             motivos[motivo] = motivos.get(motivo, 0) + 1
80
81     print(f"Validos: {validos}/{len(datos)}")
82     print("Motivos de descarte:")
83     for k, v in sorted(motivos.items(), key=lambda x: x[1], reverse=True):
84         print(f"  - {k}: {v}")
85
86
87 if __name__ == "__main__":
88     main()

```

### Ejercicio 1

Modifica el validador para aceptar hum como string numérico (por ejemplo `""45""`) convirtiéndolo a float, pero seguir rechazando `""N/A""`.

## 10 CSV sucio → CSV limpio (sin pandas)

### 10.1 Por qué sin pandas

En esta semana, el objetivo es entender el pipeline y las validaciones sin “magia”.

### 10.2 Programa 2: Generar un CSV sucio (comentado)

Listing 27: Programa 2: Generar un CSV sucio (con errores intencionales)

```

1  # Programa 2:
2  # Genera un archivo CSV con datos "sucios" (errores intencionales).
3  # Esto simula el mundo real: sensores que envían N/A, vacíos o valores imposibles.
4
5  from __future__ import annotations
6
7  import random
8
9
10 def generar_csv_sucio(path: str, n: int = 40) -> None:
11     # Semilla para reproducibilidad: mismos datos en cada ejecución
12     random.seed(7)
13
14     sensores = ["SENSOR_01", "SENSOR_02", "SENSOR_03", "SENSOR_04"]
15
16     # Abrimos el archivo en modo escritura y ponemos header
17     with open(path, "w", encoding="utf-8") as f:
18         f.write("id_sensor,fecha,temperatura,humedad\n")
19
20         for i in range(n):
21             s = random.choice(sensores)
22             fecha = f"2026-01-01 00:{i:02d}:00"
23
24             # Inyectamos errores en ciertas filas (por índice)
25             if i in (5, 17):
26                 temp = "N/A"          # error: no numérico
27             elif i in (8,):
28                 temp = 999             # error: imposible
29             else:
30                 temp = round(random.uniform(18, 35), 1)
31
32             if i in (3, 22):
33                 hum = ""              # error: faltante
34             elif i in (12,):
35                 hum = 200             # error: fuera de rango
36             else:
37                 hum = random.randint(30, 90)
38
39             # Escribimos la fila al CSV
40             f.write(f"{s},{fecha},{temp},{hum}\n")
41
42
43 if __name__ == "__main__":
44     generar_csv_sucio("data/raw/sensores_sucio.csv", n=40)
45     print("OK: generado data/raw/sensores_sucio.csv")

```

### 10.3 Programa 3: Limpiar el CSV (comentado)

Listing 28: Programa 3: Limpieza CSV sin pandas + reporte de errores

```

1  # Programa 3:

```

```
2 # Lee un CSV sucio línea por línea, valida y escribe un CSV limpio.
3 # Además genera un reporte de limpieza (cuántos descartó y por qué).
4
5 from __future__ import annotations
6
7
8 def validar_sensor_row(row: dict) -> dict:
9     # Reutilizamos el validador (versión corta, misma lógica del Programa 1)
10     if "id" not in row or not str(row["id"]).strip():
11         raise ValueError("Falta 'id' o está vacío.")
12
13     sensor_id = str(row["id"]).strip().upper()
14
15     if "temp" not in row:
16         raise ValueError("Falta 'temp'.")
17     if not isinstance(row["temp"], (int, float)):
18         raise ValueError("'temp' debe ser numérica.")
19     temp = float(row["temp"])
20     if temp < -10 or temp > 60:
21         raise ValueError("'temp' fuera de rango [-10, 60].")
22
23     if "hum" not in row:
24         raise ValueError("Falta 'hum'.")
25     if not isinstance(row["hum"], (int, float)):
26         raise ValueError("'hum' debe ser numérica.")
27     hum = float(row["hum"])
28     if hum < 0 or hum > 100:
29         raise ValueError("'hum' fuera de rango [0, 100].")
30
31     return {"id": sensor_id, "temp": temp, "hum": hum}
32
33
34 def parse_row(linea: str) -> dict:
35     # Convertimos una línea CSV en un dict con tipos correctos
36     parts = linea.strip().split(",")
37     if len(parts) != 4:
38         raise ValueError("Fila corrupta: columnas != 4")
39
40     id_sensor, fecha, temp_str, hum_str = parts
41
42     # Temperatura: detectar faltantes o N/A
43     if temp_str == "" or temp_str.upper() == "N/A":
44         raise ValueError("Temperatura faltante o N/A")
45     temp = float(temp_str)
46
47     # Humedad: detectar faltantes
48     if hum_str == "":
49         raise ValueError("Humedad faltante")
50     hum = float(hum_str)
51
52     # Validación de rangos (fail fast)
53     _ = validar_sensor_row({"id": id_sensor, "temp": temp, "hum": hum})
54
55     # Si pasa: devolvemos un registro con fecha incluida
56     return {"id": id_sensor.strip().upper(), "fecha": fecha, "temp": temp, "hum": hum}
57
58
59 def limpiar_csv(in_path: str, out_path: str, report_path: str) -> None:
60     total = 0
61     validos = 0
62     motivos = {}
63
64     # Leemos el CSV de entrada y escribimos uno nuevo (limpio)
```

```

65 with open(in_path, "r", encoding="utf-8") as fin, open(out_path, "w", encoding="utf-8") as
    fout:
66     header = fin.readline().strip()
67     fout.write(header + "\n")
68
69     for linea in fin:
70         total += 1
71         try:
72             row = parse_row(linea)
73             fout.write(f"{row['id']},{row['fecha']},{row['temp']},{row['hum']}\n")
74             validos += 1
75         except Exception as e:
76             m = str(e)
77             motivos[m] = motivos.get(m, 0) + 1
78
79     # Escribir reporte de limpieza
80     top = sorted(motivos.items(), key=lambda x: x[1], reverse=True)[:3]
81     with open(report_path, "w", encoding="utf-8") as frep:
82         frep.write("=== REPORTE LIMPIEZA CSV ===\n")
83         frep.write(f"Total filas (sin header): {total}\n")
84         frep.write(f"Validas: {validos}\n")
85         frep.write(f"Descartadas: {total - validos}\n\n")
86         frep.write("Top 3 motivos:\n")
87         for motivo, c in top:
88             frep.write(f"- {motivo}: {c}\n")
89
90
91 if __name__ == "__main__":
92     # Nota: este script asume que el CSV sucio ya existe.
93     # En el taller, primero se ejecuta Programa 2 para generarlo.
94     limpiar_csv(
95         in_path="data/raw/sensores_sucio.csv",
96         out_path="data/processed/sensores_limpio.csv",
97         report_path="reports/reporte_limpieza.txt",
98     )
99     print("OK: generado data/processed/sensores_limpio.csv y reports/reporte_limpieza.txt")

```

## Ejercicio 2

Extiende `parse_row()` para registrar también un error cuando la fecha esté vacía o no tenga el formato YYYY-MM-DD HH:MM:SS.

## 11 HPC con NumPy — benchmark (loop vs vectorización)

### 11.1 Por qué medir

Si no mides, solo estás adivinando. Para comparar dos enfoques, necesitas un benchmark repetible.

### 11.2 Programa 4: Benchmark con `time.perf_counter()` (comentado)

Listing 29: Programa 4: Benchmark con `time.perf_counter()`

```
1  # Programa 4:
2  # Compara el rendimiento de un bucle for vs una operación vectorizada en NumPy.
3  # Se usa time.perf_counter() porque ofrece alta resolución para medir tiempos.
4
5  from __future__ import annotations
6
7  import time
8  import numpy as np
9
10
11 def loop_for(x: np.ndarray) -> np.ndarray:
12     # Este enfoque hace 1 millón de iteraciones en Python.
13     # Cada iteración tiene overhead del intérprete.
14     y = np.empty_like(x)
15     for i in range(x.shape[0]):
16         y[i] = np.sin(x[i]) + np.cos(x[i])
17     return y
18
19
20 def vectorizado(x: np.ndarray) -> np.ndarray:
21     # Este enfoque delega el trabajo a NumPy (internamente C optimizado).
22     # Opera sobre todo el array sin iterar explícitamente en Python.
23     return np.sin(x) + np.cos(x)
24
25
26 def main() -> None:
27     n = 1_000_000
28     x = np.random.rand(n).astype(np.float64)
29
30     # Medición for-loop
31     t0 = time.perf_counter()
32     y1 = loop_for(x)
33     t_for = time.perf_counter() - t0
34
35     # Medición vectorizada
36     t0 = time.perf_counter()
37     y2 = vectorizado(x)
38     t_vec = time.perf_counter() - t0
39
40     # Validación numérica: deben ser muy parecidos
41     diff = float(np.max(np.abs(y1 - y2)))
42
43     # Speedup: cuántas veces es más rápido lo vectorizado
44     speedup = t_for / t_vec if t_vec > 0 else float("inf")
45
46     print(f"Tiempo for-loop:      {t_for:.4f} s")
47     print(f"Tiempo vectorizado: {t_vec:.4f} s")
48     print(f"Speedup:                  {speedup:.2f}x")
49     print(f"Max diff:                  {diff:.6e}")
50
51
```

```
52 | if __name__ == "__main__":  
53 |     main()
```

### Ejercicio 3

Ejecuta el benchmark 3 veces. Anota los 3 speedups y reporta el promedio en tu PDF.



## 12 Trabajar con Archivos .npy: El Formato Binario de NumPy

Cuando trabajas con datos numéricos de sensores agrícolas (miles o millones de mediciones), el formato CSV puede volverse ineficiente. NumPy ofrece un formato binario optimizado: .npy.

### 12.1 ¿Qué es un archivo .npy?

Un archivo .npy es el formato nativo de NumPy para almacenar arrays en disco de forma binaria. A diferencia de CSV (texto plano), .npy guarda los datos en el formato exacto que NumPy usa en memoria, lo que resulta en:

- **Velocidad:** Carga 10-50x más rápido que CSV.
- **Tamaño:** Archivos más pequeños (sin necesidad de convertir números a texto).
- **Precisión:** Mantiene la precisión numérica exacta (float64, int32, etc.).
- **Metadatos:** Guarda automáticamente el shape y dtype del array.

### 12.2 Comparación: CSV vs .npy

Característica	CSV	.npy
Formato	Texto plano	Binario
Tamaño (1M valores)	~10 MB	~4 MB
Tiempo de carga	~2 segundos	~0.05 segundos
Velocidad relativa	1x	<b>40x más rápido</b>
Legible en Excel	Sí	No
Uso típico	Compartir datos	Procesamiento científico

### 12.3 Guardar y cargar arrays

#### 12.3.1 Guardar datos en .npy

Listing 30: Guardar datos de sensor en formato .npy

```

1 import numpy as np
2
3 # Ejemplo 1: Guardar datos simulados
4 humedad = np.random.rand(365, 100) * 100 # 1 año, 100 zonas
5 np.save('humedad_finca.npy', humedad)
6
7 # Ejemplo 2: Guardar datos reales de un CSV procesado
8 datos_sensor = []
9 with open('sensor_2025.csv', 'r') as f:
10     reader = csv.DictReader(f)
11     for fila in reader:
12         datos_sensor.append(float(fila['humedad']))
13
14 # Convertir a array y guardar
15 datos_np = np.array(datos_sensor)
16 np.save('humedad_real_2025.npy', datos_np)

```

### 12.3.2 Cargar datos desde .npy

Listing 31: Cargar y verificar datos guardados

```
1 import numpy as np
2
3 # Cargar el array
4 humedad = np.load('humedad_finca.npy')
5
6 # Verificar metadatos
7 print(f"Shape: {humedad.shape}")      # Dimensiones
8 print(f"Dtype: {humedad.dtype}")      # Tipo de dato
9 print(f"Tamaño: {humedad.size:,}")    # Total de elementos
10
11 # Ejemplo de salida:
12 # Shape: (365, 100)
13 # Dtype: float64
14 # Tamaño: 36,500
```

El archivo se carga en milisegundos, sin necesidad de parsear texto ni convertir tipos.

### 12.4 Caso de uso: Sensor agrícola con 1 año de datos

Imagina un sensor IoT que mide humedad del suelo cada 5 minutos durante un año completo:

- Frecuencia: 12 lecturas/hora × 24 horas × 365 días = **105,120 mediciones**.
- CSV: Archivo de ~2.5 MB, carga en ~1.2 segundos.
- NPY: Archivo de ~820 KB, carga en ~0.03 segundos.

Si tu pipeline procesa estos datos 100 veces al día (análisis, validaciones, visualizaciones), ahorras **2 minutos diarios** solo en tiempo de lectura.

### 12.5 Comando rápido: Generar dataset de prueba

Para los talleres, puedes generar datasets simulados directamente desde la terminal:

```
1 # Generar matriz 365x100 con valores [0,100]
2 python -c "import numpy as np; np.save('humedad_finca.npy', np.random.rand(365, 100) * 100)"
```

Desglose del comando:

- `python -c "..."`: Ejecuta código Python en una sola línea.
- `np.random.rand(365, 100)`: Crea matriz 365×100 con valores aleatorios [0,1].
- `* 100`: Escala a rango [0,100] (porcentajes).
- `np.save(...)`: Guarda en formato binario .npy.

### 12.6 Convertir .npy y .npz de vuelta a CSV

Una ventaja del formato .npy es que siempre puedes convertirlo de vuelta a CSV cuando necesites compartir los datos o abrirllos en Excel. NumPy incluye la función `np.savetxt()` para esta tarea.

### 12.6.1 Conversión básica con np.savetxt()

Listing 32: Convertir .npy a CSV

```
1 import numpy as np
2
3 # Cargar el archivo .npy
4 humedad = np.load('humedad_finca.npy')
5
6 # Guardar como CSV
7 np.savetxt('humedad_finca.csv', humedad, delimiter=',', fmt='%.2f')
```

#### Parámetros importantes:

- `delimiter=',':` Define el separador de columnas (coma para CSV).
- `fmt='%.2f':` Formato numérico con 2 decimales. Ajusta según precisión necesaria.

### 12.6.2 Agregar nombres de columnas (header)

Para que el CSV sea más legible, puedes agregar un encabezado:

Listing 33: CSV con nombres de columnas

```
1 import numpy as np
2
3 humedad = np.load('humedad_finca.npy')
4
5 # Crear header con nombres personalizados
6 header = ','.join([f'zona_{i+1}' for i in range(humedad.shape[1])])
7
8 np.savetxt('humedad_finca.csv',
9           humedad,
10          delimiter=',',
11          fmt='%.2f',
12          header=header,
13          comments='') # Evita el simbolo # en el header
```

El CSV resultante tendrá la primera fila con: `zona_1,zona_2,zona_3,...`

### 12.6.3 Convertir archivos .npz (múltiples arrays)

Si guardaste varios arrays en un archivo .npz, puedes extraerlos y convertir cada uno:

Listing 34: Convertir .npz a múltiples CSV

```
1 import numpy as np
2
3 # Cargar el archivo .npz
4 datos = np.load('datos_finca.npz')
5
6 # Guardar cada array por separado
7 np.savetxt('humedad.csv', datos['humedad'], delimiter=',', fmt='%.2f')
8 np.savetxt('temperatura.csv', datos['temperatura'], delimiter=',', fmt='%.2f')
```

O combinarlos en un solo CSV con múltiples columnas:

Listing 35: Combinar arrays en un solo CSV

```
1 import numpy as np
2
3 datos = np.load('datos_finca.npz')
```

```

4
5 # Combinar columnas horizontalmente
6 combinado = np.column_stack([datos['humedad'], datos['temperatura']])
7
8 np.savetxt('datos_completos.csv',
9           combinado,
10          delimiter=',',
11          fmt='%.2f',
12          header='humedad,temperatura',
13          comments='')

```

### 12.6.4 Script reutilizable de conversión

Para facilitar la conversión frecuente, puedes crear un script genérico:

Listing 36: Conversor .npy a CSV reutilizable

```

1 """
2 Convertir archivos .npy a CSV para compartir o visualizar
3 """
4 import numpy as np
5 import os
6
7 def npy_to_csv(npy_path, csv_path, decimales=2):
8     """
9     Convierte un archivo .npy a CSV
10
11     Args:
12         npy_path: Ruta del archivo .npy
13         csv_path: Ruta de salida .csv
14         decimales: Numero de decimales a guardar
15     """
16     datos = np.load(npy_path)
17
18     # Formato segun decimales
19     fmt = f'%.{decimales}f'
20
21     np.savetxt(csv_path, datos, delimiter=',', fmt=fmt)
22
23     print(f"OK: Convertido {npy_path} -> {csv_path}")
24     print(f"  Shape: {datos.shape}")
25     print(f"  Tamano CSV: {os.path.getsize(csv_path) / 1024:.1f} KB")
26
27 # Uso
28 if __name__ == "__main__":
29     npy_to_csv('humedad_finca.npy', 'humedad_finca.csv', decimales=1)

```

#### Flujo de trabajo típico en proyectos agrícolas

1. **Recolección:** Sensores IoT envían datos cada hora (guardados en CSV por el sistema).
2. **Procesamiento:** Conviertes CSV a .npy para análisis rápido con NumPy.
3. **Análisis:** Todo el pipeline científico trabaja con .npy (rápido).
4. **Entrega:** Conviertes resultados finales a CSV para compartir con agrónomos.

**Regla práctica:** Usa .npy internamente en tu código, y exporta a CSV solo cuando necesites compartir o visualizar en herramientas externas.

## 12.7 Bonus: Guardar múltiples arrays en un solo archivo

NumPy también ofrece `.npz` (comprimido) para guardar varios arrays relacionados:

Listing 37: Guardar múltiples variables en `.npz`

```
1 import numpy as np
2
3 humedad = np.random.rand(365, 100)
4 temperatura = np.random.rand(365, 100)
5 timestamps = np.arange(365)
6
7 # Guardar todo junto
8 np.savez('datos_finca.npz',
9         humedad=humedad,
10        temperatura=temperatura,
11        dias=timestamps)
12
13 # Cargar
14 datos = np.load('datos_finca.npz')
15 print(datos['humedad'].shape)
16 print(datos['temperatura'].shape)
```

Esto es ideal para datasets complejos donde múltiples sensores están relacionados temporalmente.

## 12.8 Cuándo usar cada formato

### Regla práctica

- **Usa CSV** cuando necesites:
  - Abrir los datos en Excel o Google Sheets.
  - Compartir con personas sin Python.
  - Datos pequeños (<10,000 filas).
- **Usa .npy** cuando necesites:
  - Procesar datos repetidamente en Python.
  - Trabajar con arrays grandes (>100,000 valores).
  - Máxima velocidad y precisión numérica.

## 13 Lógica espacial con matrices (máscaras + np.where)

Las máscaras booleanas permiten seleccionar celdas sin usar if por celda.

### 13.1 Programa 5: Mapa de lote + acciones con np.where (comentado)

Listing 38: Programa 5: Mapa de lote (200x200) con máscaras y np.where

```

1  # Programa 5:
2  # Simula un lote como una matriz de humedad (200x200).
3  # Calcula sequía/inundación usando máscaras booleanas.
4  # Luego decide acciones por celda con np.where().
5
6  from __future__ import annotations
7
8  import numpy as np
9
10
11 def render_ascii(mapa: np.ndarray, step: int = 10) -> str:
12     """
13     Render ASCII para ver un mapa grande en consola.
14     step=10 significa que "muestreamos" 1 de cada 10 celdas (reduce tamaño).
15     """
16     lines = []
17     for r in range(0, mapa.shape[0], step):
18         lines.append("".join(mapa[r, ::step].tolist()))
19     return "\n".join(lines)
20
21
22 def main() -> None:
23     np.random.seed(7)
24
25     # Matriz 200x200 con valores en [0,1): simula humedad normalizada
26     humedad = np.random.rand(200, 200)
27
28     # Umbrales de decisión
29     umbral_sequia = 0.2
30     umbral_inund = 0.85
31
32     # Máscaras: arrays booleanos (True/False) del mismo tamaño
33     sequia = humedad < umbral_sequia
34     inundacion = humedad > umbral_inund
35
36     # Porcentajes: mean() de booleanos equivale a proporción de True
37     pct_sequia = 100.0 * float(sequia.mean())
38     pct_inund = 100.0 * float(inundacion.mean())
39
40     # Presupuesto hídrico:
41     # Queremos subir humedad a 0.5 solo donde esté por debajo de 0.5.
42     objetivo = 0.5
43     agua_por_celda = np.where(humedad < objetivo, (objetivo - humedad), 0.0)
44     agua_total = float(np.sum(agua_por_celda))
45
46     # Acciones por celda (caracter):
47     # R = regar (sequia)
48     # D = drenaje (inundación)
49     # . = normal
50     acciones = np.where(sequia, "R", np.where(inundacion, "D", "."))
51
52     print("=== Resumen lote (200x200) ===")
53     print(f"% sequía (<{umbral_sequia}): {pct_sequia:.2f}%")
54     print(f"% inundación (>{umbral_inund}): {pct_inund:.2f}%")

```

```
55     print(f"Agua total requerida (objetivo={objetivo}): {agua_total:.2f}")
56
57     print("\nMapa ASCII (muestreo cada 10 celdas):")
58     print(render_ascii(acciones, step=10))
59
60
61 if __name__ == "__main__":
62     main()
```

#### Ejercicio 4 (medio)

Cambia los umbrales y analiza cómo cambia:

- % de sequía
- % de inundación
- agua total requerida

Registra 2 configuraciones y compáralas en tu PDF.

## 14 Introducción a LaTeX: Documentos Profesionales en Ingeniería

A partir de esta semana, entregarás tus reportes en **LaTeX** en lugar de editores visuales como Word o Google Docs. ¿Por qué? Porque LaTeX es el estándar en publicaciones científicas, ingeniería y documentación técnica.

### 14.1 ¿Qué es LaTeX?

LaTeX es un *sistema de composición de documentos* basado en texto plano. A diferencia de los editores "WYSIWYG" (What You See Is What You Get), en LaTeX **describes** cómo debe verse el documento mediante comandos, y el sistema lo compila automáticamente en un PDF profesional.

Piensa en LaTeX como **código para documentos**:

- Escribes instrucciones en un archivo .tex (texto plano).
- El compilador xelatex o pdflatex las convierte en un PDF final.
- El resultado es consistente, elegante y reproducible.

### 14.2 LaTeX vs. Editores tradicionales

Editor visual (Word/Docs)	LaTeX
Formato manual (click en cada elemento)	Formato automático por comandos
Las fórmulas se descuadran al editar	Las fórmulas siempre quedan perfectas
Referencias a figuras hay que actualizarlas a mano	Referencias se actualizan automáticamente
Difícil versionar cambios	Compatible con Git (texto plano)
Cada colaborador puede cambiar el formato	El formato es consistente por diseño

### 14.3 ¿Por qué LaTeX en este curso?

En ingeniería de software e inteligencia artificial, necesitas documentar:

- **Código fuente** con sintaxis resaltada.
- **Fórmulas matemáticas** (como funciones de costo en Machine Learning).
- **Tablas con resultados** de experimentos o datasets.
- **Gráficos y diagramas** referenciados automáticamente.

LaTeX maneja todo esto de forma profesional y estandarizada. Además, tus reportes quedan **versionados en Git** junto con tu código, permitiendo rastrear cambios históricos.



## 14.4 Tu primer documento LaTeX

Un documento mínimo tiene esta estructura:

Listing 39: Estructura básica de LaTeX

```
1 \documentclass{article}
2 \usepackage[utf8]{inputenc}
3 \usepackage[spanish]{babel}
4
5 \title{Reporte de Análisis de Sensores}
6 \author{Tu Nombre}
7 \date{\today}
8
9 \begin{document}
10
11 \maketitle
12
13 \section{Introducción}
14 Este reporte presenta el análisis de 1440 lecturas de sensores agrícolas.
15
16 \section{Resultados}
17 Se detectaron 3 periodos críticos de temperatura superior a 30°C.
18
19 \end{document}
```

Al compilar con `xelatex reporte.tex`, obtienes un PDF profesional con:

- Portada automática.
- Numeración de secciones.
- Márgenes, tipografía y espaciado estandarizados.

## 14.5 Compilación en Codespaces

En tu entorno de desarrollo ejecutas:

```
1 xelatex reporte.tex
```

Esto genera `reporte.pdf` junto con archivos auxiliares (`.aux`, `.log`). Solo el `.tex` y el `.pdf` se versiona en Git [web:41].

## 14.6 Ventajas para ingenieros de datos

- **Reproducibilidad:** El mismo `.tex` genera el mismo PDF en cualquier sistema.
- **Versionamiento:** Git muestra cambios línea por línea en el código LaTeX.
- **Automatización:** Puedes generar reportes desde scripts Python insertando resultados dinámicamente.
- **Profesionalismo:** Papers académicos, tesis y documentación técnica usan LaTeX como estándar.

En las próximas semanas aprenderás a incluir tablas de resultados, ecuaciones de modelos y fragmentos de código Python en tus reportes LaTeX.

## Reto Final Integrador (Semana 2)

### Artefactos mínimos

Debes dejar estos archivos en el repositorio:

- data/raw/sensores\_sucio.csv
- data/processed/sensores\_limpio.csv
- reports/reporte\_limpieza.txt
- reports/decision\_hidrica.txt (resumen del lote)
- report/main.pdf

### Checklist Git

- Mínimo 3 commits claros.
- Los scripts se pueden ejecutar en orden sin errores.
- El PDF existe y resume resultados.