

Simulación del Crecimiento Vegetal Mediante Modelo Logístico

Valeria López Agustín

Simulación de Sistemas Físicos

Junio 2025

Objetivos del Proyecto

Implementar un modelo matemático para simular el crecimiento de plantas considerando:

- Crecimiento logístico natural
- Efectos de factores ambientales
- Eventos climáticos extremos

Metodología

- 1 Modelado matemático con ecuaciones diferenciales
- 2 Implementación numérica (método de Euler)
- 3 Visualización

Ecuación logística clásica:

$$\frac{dH}{dt} = r \cdot H \cdot \left(1 - \frac{H}{K}\right)$$

- $H(t)$: Altura de la planta (cm)
- r : Tasa de crecimiento (d^{-1})
- K : Capacidad máxima (cm)

Modelo extendido con factores ambientales:

$$\frac{dH}{dt} = r \cdot f_e(T, H_m) \cdot H \cdot \left(1 - \frac{H}{K \cdot g_e(T, H_m)}\right)$$

Factores de estrés

- f_e : Función de estrés que afecta la tasa de crecimiento
- g_e : Función que modifica la capacidad máxima
- Dependen de temperatura (T) y humedad (H_m)

$$f_e = \exp\left(-\frac{(H_m - 0,65)^2}{2 \cdot 0,3^2}\right) \cdot \exp\left(-\frac{(T - 24)^2}{2 \cdot 10^2}\right)$$

Cuadro: Parámetros principales

Parámetro	Símbolo	Valor
Tasa de crecimiento	r	0,15 d ⁻¹
Capacidad máxima	K	100 cm
Altura inicial	H_0	1,0 cm
Temperatura óptima	T_{opt}	24 °C
Humedad óptima	$H_{m,opt}$	0,65
Duración simulación	t_{max}	80 d

Eventos programados

- Día 15-35: Sequía (humedad baja)
- Día 35-60: Lluvias intensas (humedad alta)
- Día 60-80: Ola de frío (temperatura baja)

Método de Euler:

$$H_{n+1} = H_n + \Delta t \cdot f(t_n, H_n)$$

- Paso temporal $\Delta t = 0,5$ días
- 160 iteraciones en total
- Implementado en Python/NumPy

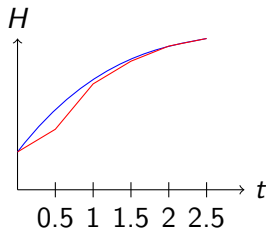
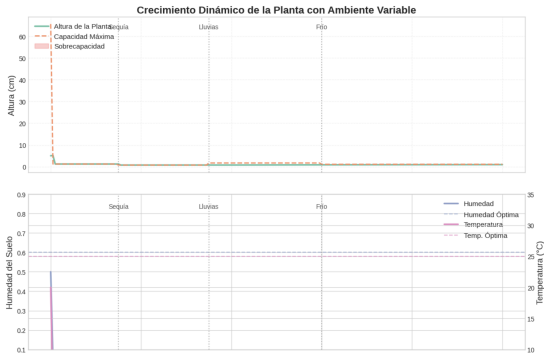


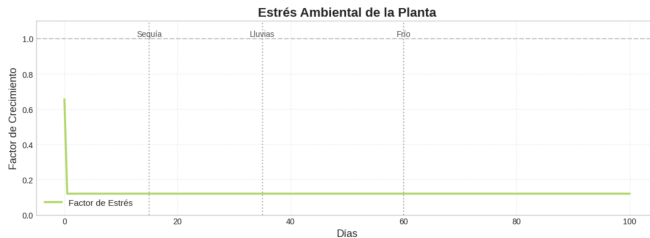
Figura: Aproximación de Euler

Resultados: Dinámica de Crecimiento

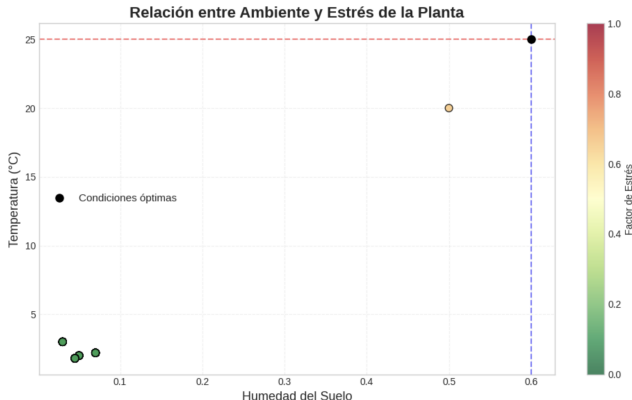


- **Línea azul:** Altura real de la planta
- **Línea roja:** Capacidad máxima efectiva
- **Área roja:** Zona de sobrecapacidad (estrés)
- **Humedad del suelo** con óptimo en 0.65
- **Temperatura** con óptimo en 24 °C
- Eventos extremos identificados

Resultados: Condiciones Ambientales



Resultados: Factor de Estrés



- El punto negro indica condiciones óptimas
- Colores fríos (azul): Bajo estrés
- Colores cálidos (rojo): Alto estrés
- La sequía (baja humedad) es más estresante que el frío

Conclusiones Principales

- ➊ **Validación del modelo:** El crecimiento logístico modificado captura efectivamente la dinámica vegetal
- ➋ **Impacto ambiental:** Eventos extremos reducen hasta un 40 % la capacidad máxima
- ➌ **Sensibilidad:** La planta es más sensible a la humedad que a la temperatura
- ➍ **Estabilización:** Tras eventos estresantes, la altura se estabiliza en nuevos equilibrios
- ➎ **Herramienta predictiva:** El modelo permite simular diferentes escenarios climáticos

Aplicaciones futuras

- Optimización de riego
- Predicción de cosechas
- Estudios de cambio climático

Estructura principal:

- 1 Inicialización de parámetros
- 2 Configuración de arreglos temporales
- 3 Bucle de simulación
- 4 Cálculo de factores ambientales
- 5 Actualización de crecimiento
- 6 Almacenamiento de resultados

¡Gracias!

Link del Proyecto:

<https://colab.research.google.com/drive/1wK52D5GUJV-7y0Xi9euqgYrUzvpnBUY-?usp=sharing>