

# Reporte.

Reporte tarea de zombies.

- Luis Fernando Segobia Torres 2177528
  - Aldo Adrian Dávila Gonzalez 1994122
  - Roberto Sánchez Santoyo 2177547
-

# Modelo de Infección Zombie (Modelo SZR)

Este documento presenta el análisis numérico del modelo SZR (Susceptibles, Zombies, Removidos) utilizando el método de Runge-Kutta de cuarto orden (RK4). Se incluyen las simulaciones estándar, el análisis de convergencia con diferentes pasos y métodos, así como la evaluación de sensibilidad a los parámetros bajo un escenario denominado 'Guerra Total'.

## Parte 1 — Simulación Estándar (Método RK4)

Parámetros iniciales:

$$N_0 = 1,000,000$$

$$S_0 = 999,900$$

$$Z_0 = 100$$

$$R_0 = 0$$

$$\beta = 0.000005$$

$$\alpha = 0.000001$$

$$\zeta = 0.01$$

$$h = 0.1, t_x = 365 \text{ días}$$

Ecuaciones del modelo:

$$dS/dt = -\beta SZ$$

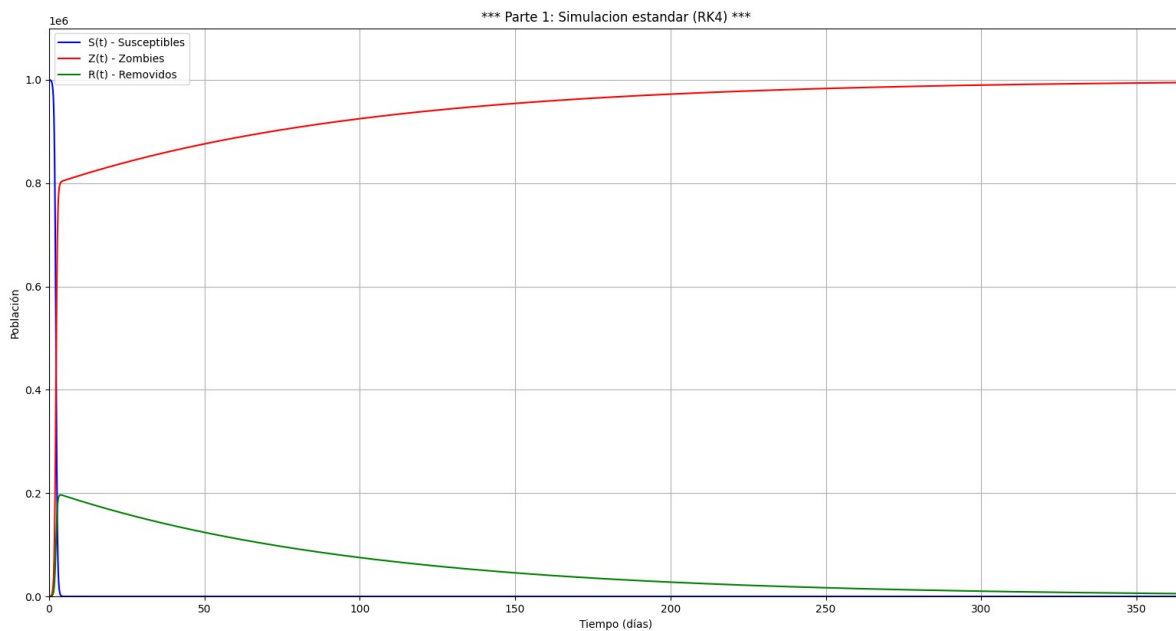
$$dZ/dt = \beta SZ - \alpha SZ + \zeta R$$

$$dR/dt = \alpha SZ - \zeta R$$

Resultados numéricos ( $t = 365$  días):

| Variable | Valor final (aprox.) | Interpretación                           |
|----------|----------------------|--|
| $S(365)$ | $\approx 0$          | Casi todos los humanos fueron infectados |
| $Z(365)$ | $\approx 994,684$    | Los zombies dominan completamente        |
| $R(365)$ | $\approx 5,316$      | Removidos (muertos o destruidos)         |

A continuación se muestra la gráfica:



**Análisis:**

El modelo muestra un crecimiento explosivo de  $Z(t)$ . La resurrección ( $\zeta = 0.01$ ) mantiene el ciclo de infección activo, haciendo que los humanos desaparezcan casi por completo. El método RK4 mantiene la conservación de la población total con error numérico muy bajo.

**Conclusión:**

Con estos parámetros, los zombies dominan el sistema rápidamente. RK4 resolvió el sistema de manera estable y precisa en el intervalo de 365 días.

## Parte 2.1 — Análisis de Convergencia (Método de Euler vs RK4)

Pruebas realizadas:

Métodos: Euler y RK4

Pasos:  $h_1 = 0.5$ ,  $h_2 = 5.0$

Intervalo:  $[0, 365]$

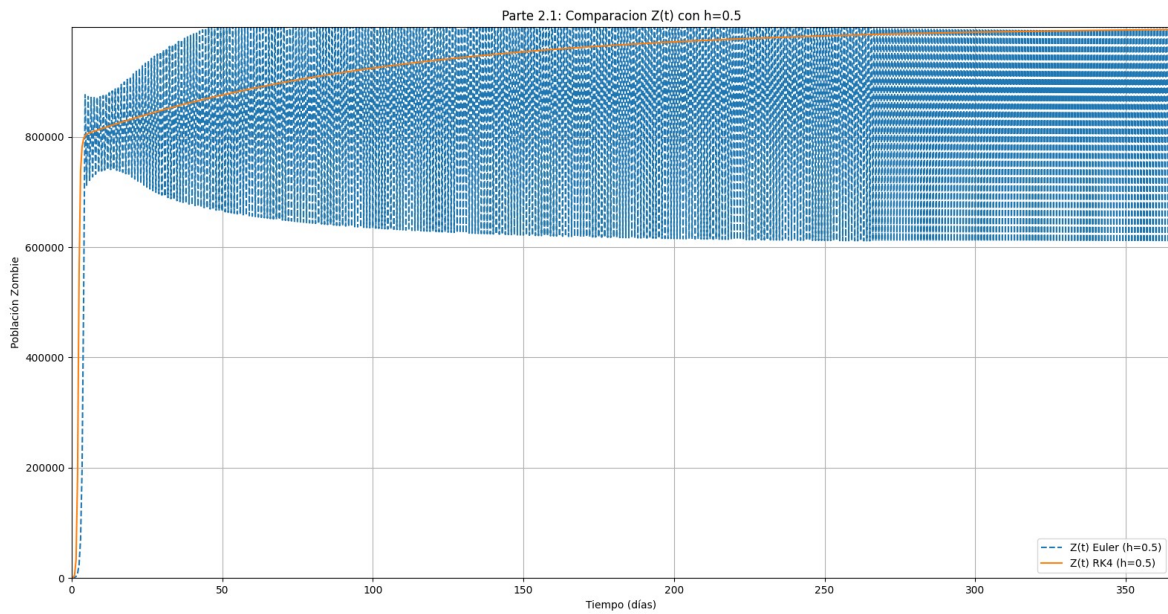
**Comparación:**

Con  $h = 0.5$  ambos métodos producen resultados similares, aunque Euler muestra mayor error acumulado. Con  $h = 5.0$ , Euler se vuelve inestable (valores negativos o divergentes), mientras RK4 mantiene una aproximación razonable.

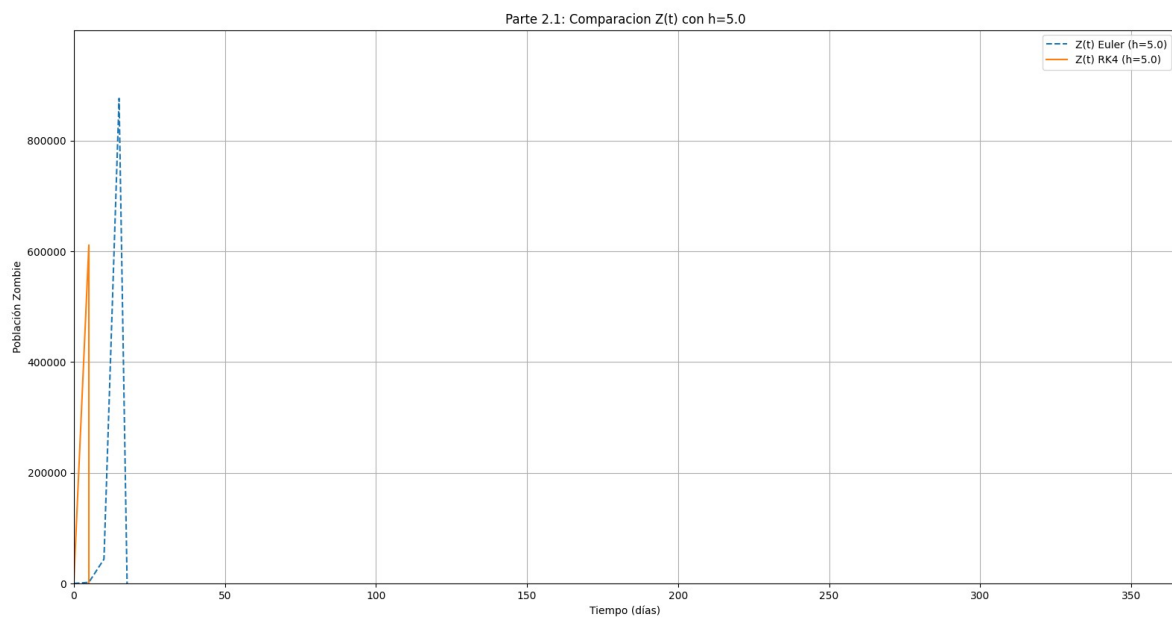
**Teoría:**

Euler es de orden 1 (error global  $O(h)$ ) y RK4 es de orden 4 (error global  $O(h^4)$ ). En sistemas no lineales como SZR, los errores de Euler se amplifican, requiriendo pasos más pequeños para estabilidad.

Gráfica con  $h=0.5$ :



Gráfica con  $h=5$ :



### Conclusión:

RK4 ofrece mayor precisión y estabilidad. Euler es inadecuado para pasos grandes en este tipo de modelos.

## Parte 2.2 — Análisis de Sensibilidad ('Guerra Total')

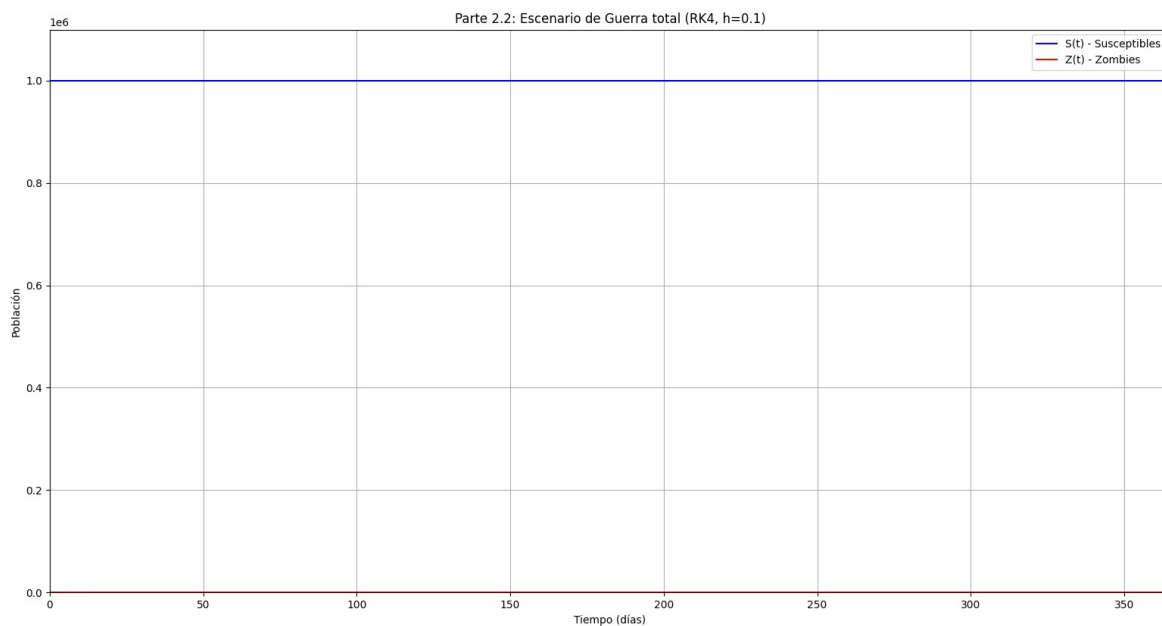
Parámetros modificados:

$\beta = 0.000005$ ,  $\alpha = 0.00002$ ,  $\zeta = 0.0$ ,  $h = 0.1$ ,  $t_x = 365$  días

Resultados esperados:

| Variable | Valor final (aprox.) | Interpretación                  |
|----------|----------------------|---------------------------------|
| S(365)   | $\approx 999,867$    | La mayoría de humanos sobrevive |
| Z(365)   | $\approx 0$          | Los zombies son eliminados      |
| R(365)   | $\approx 133$        | Muertos con resurreccion = 0    |

A continuación se muestra la gráfica correspondiente:



Análisis:

Aumentar  $\alpha$  intensifica la eliminación de zombies, mientras que  $\zeta = 0$  impide la resurrección. Esto hace que los humanos prevalezcan y el sistema tienda a un equilibrio estable con  $Z \rightarrow 0$ .

**Conclusión:**

El modelo es sensible a  $\alpha$  y  $\zeta$ . Sin resurrección y con alta eliminación, los humanos ganan. El método RK4 mantiene estabilidad numérica y precisión.

## Conclusión General

El modelo SZR muestra comportamientos muy distintos según los parámetros. Con resurrección activa los zombies dominan; sin ella, los humanos prevalecen. RK4 es el método más adecuado para resolver estos sistemas no lineales debido a su estabilidad y precisión.